T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

SERVO SÜRÜCÜLER

ANKARA, 2009

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. DC SERVOMOTORLAR 3
1.1. Özel Servo Motorlar 3
1.2. Fırçasız DC Motor 5
1.2.1. Motor Yapısı 6
1.2.2. Alan Etkili Sensör (Hall effect sensör) 9
1.2.3 FDC Motorun Sürülmesi 14
1.2.4. Mikroişlemci ile Kontrol 18
1.3. DC Servomotor Geribesleme Üniteleri 22
1.3.1. Takometre 22
1.3.2. Encoder 22
1.4. DC Servomotorun Yapısı 32
UYGULAMA FAALİYETİ 37
1.5. Uygulama Faaliyeti -1 37
1.6. Uygulama Faaliyeti -2 37
1.7. Uygulama Faaliyeti -3 39
1.8. Uygulama Faaliyeti -4 40
1.9. Uygulama Faaliyeti -5 41
1.10. Uygulama Faaliyeti -6 45
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 47
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 48
2. AC SERVOMOTORLAR 48
2.1. İndüksiyon Motorlar 48
2.2. Senkron Motor 49
2.3. AC Motorların Devir Ayarı 50
2.3.1. Klasik Devir Ayarı 50
2.3.2. İnverter ile Hız Ayarı 52
2.4. AC Servomotor Çeşitleri 53
2.5. Motor Torkunu Ölçme 58
2.6. Ac Servosürücüler 59
2.7. Servo ile İnverterin Karşılaştırılması 61
2.7.1. İnverterden Servoya Dönüşüm 62
2.8. AC Servomotorun Uygulama Alanları 63
2.9. Hangisini Seçmeli: AC ya da DC Servomotor 66
2.10. Resolver 66

UYGULAMA FAALİYETİ 71
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 78
MODÜL DEĞERLENDİRME 79
CEVAP ANAHTARLARI 80
KAYNAKÇA 81

AÇIKLAMALAR

KOD	**523EO0380**
ALAN	**Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Mekatronik Teknisyenliği**
MODÜLÜN ADI	**Servosürücüler**
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül DC ve AC servomotor ve sürücüleri hakkında bilgi ve becerilerin verildiği öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Mekanizmalar 6 modülünü almış olmak.
YETERLİK	Servosürücüleri kullanmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Servomotorlar hakkında bilgi sahibi olarak uygun sürücülerini seçebilmek. **Amaçlar** **1.** D.C servomotoru teknik özelliklerine uygun olarak çalıştırabileceksiniz. **2.** A.C. Servomotoru teknik özelliklerine uygun olarak çalıştırabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Denetim sistemleri Lab. AC ve DC servomotorlar
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyetin sonunda ölçme soruları ile öğrenme düzeyinizi ölçeceksiniz. Araştırmalarla, grup çalışmaları ve bireysel çalışmalarla öğretmen rehberliğinde ölçme ve değerlendirmeyi gerçekleştirebileceksiniz.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci;

Daha önce öğrendiğiniz AC ve DC motorların devamı olan bu modülde adını çok sık duyduğumuz servomotorlar hakkında bilgi edineceksiniz.

Servomotor yeni bir motor tipi olmayıp geleneksel motorlar olan AC ve DC motorların esasına dayanır. Bu tip motorlara geri besleme ünitelerinin eklenmesi ile oluşur. Mekaniksel ve elektriksel özellikleri iyileştirilmiştir.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

D.C servomotoru teknik özelliklerine uygun olarak çalıştırabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Lazer yazıcılarda verilerin toner üzerine aktarımının nasıl sağlandığını inceleyiniz.
- Floppy disket sürücünün çalışmasını iceleyiniz.

1. DC SERVOMOTORLAR

Elektrik motorlarının geliştirilmesi günümüz medeniyetinin inşasında en önemli kilometre taşlarından birisidir. Elektriğin sanayide kullanıldığı en önemli alanlardan birisi, elektrik motorlarının tahrikidir.

Elektrik enerjisini mekanik enerjiye çeviren elektrik motorları, geçen yıllar içinde tasarımında değişiklik gösterse de çalışma prensibi aynı kalmıştır. Hâlâ alternatif ve doğru akımla çalışmaktadır.

Günümüzde otomasyona yönelik uygulamalarda AC ve DC motorların aksine servomotor ismini çok duyarız. Servo kelimesi Latince “servus” (İngilizce slave) kelimesinden gelir. Türkçesi servis ya da hizmettir.

1.1. Özel Servo Motorlar

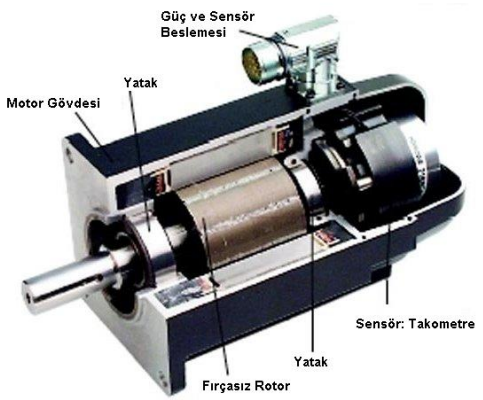
Servomotorlar, AC ve DC motorların özel bir hâlidir. Klasik motorlarda hız ve konum kontrolü yapılmak istensin. Hız ve konum bilgilerini sağlayan geribesleme ünitelerinin (encoder, takometre) motor miline haricî olarak bağlanması ve motordan alınan sinyallerin işlenmesi gerekir. Servomotorlarda ise geribesleme üniteleri motor gövdesi ile tümleşiktir. Buna göre servomotorlar hız ve konum kontrolü için gerekli donanımı üzerinde barındıran AC ya da DC motorlardır.

Hassas konumlama ve hız ayarının olması istenen otomasyon sistemlerinde kullanılması zorunludur. Bunu sağlamak için servomotorlar:

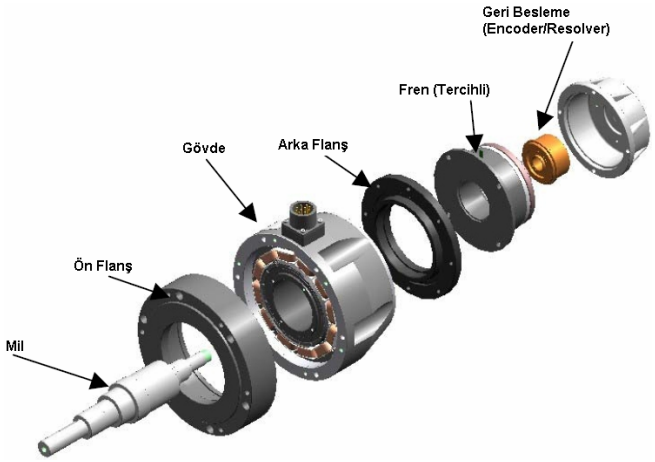
- Aşırı ısınma olmadan geniş bir hız aralığında çalışabilir.
- Sıfır hıza yakın değerlerde uzun süre çalışabilir.
- Yükü, konumunda tutabilmek için yeteri kadar tork sağlayabilir.

Servomotorların yapısı üzerinde yeteneklerini artırmak için bazı değişiklikler yapılmıştır. Bunlar:

- Motorun manyetik alanını kuvvetlendirmek için rotor, klasik motorlara göre ince çaplı fakat uzun yapılır. Bu, motorun kalkması, durması ve ters dönmesi için atalet kuvvetlerini azaltır.
- Servomotorlarda dâhilî olarak bulunan fan motorların aşırı ısınmasını önler. Fan, klasik motorlarda motor miline takılır ve motor döndükçe fan hava üfler. Servomotorlarda fan, motor milinden bağımsız olarak sabit bir güç kaynağı tarafından beslenir ve azami dönme hızında mütemadiyen hava üfler.
- Geri besleme ünitesi, motor gövdesine tümleşik yapılmıştır. Nadir durumlarda geri besleme üniteleri ayrık olur ve yüke bağlanır.



Şekil 1.1: Servomotor

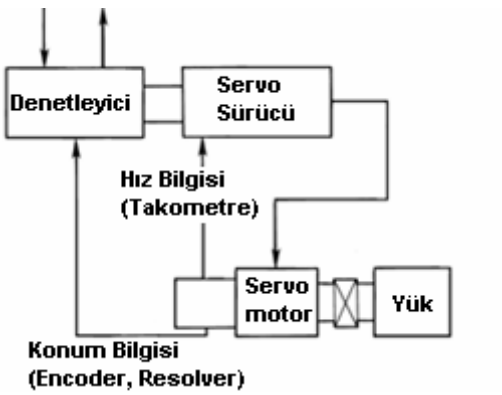


Şekil 1.2: Servomotorun parçaları

Servomotorların kullanıldığı sistemlere servo sistem ya da servo mekanizmalar denir. Modern sistemlerde dört tip servomotor kullanılmaktadır. Bunlar:

- İndüksiyon motor esasına dayanan AC servomotor (PM tip)
- Senkron motor esasına dayanan fırçasız AC servomotor (SM tip)
- Fırçalı DC motor esasına dayalı DC servomotor
- Fırçasız DC motor esasına dayalı fırçasız DC servomotor

Her servomotor, üreticisi tarafından geliştirilmiş sürücüsü (servo amplifier) ile beraber satılır. Servosürücü, motordan gelen hız bilgisini değerlendirerek motoru sürer. Servosürücüye de motoru sürmek için gerekli hız ve konum parametreleri bir denetleyiciden (PLC ve konum denetleyici, bilgisayara takılan hareket kontrol kartları, bağımsız programlanabilen hareket denetleyiciler) verilir.



Şekil 1.3: Servomotorun denetlenmesi

Mekanizmalar 5 modülünde klasik DC motorlarla ilgili bilgi verilmişti. Fırçalı DC motor esasına dayalı DC servomotorda genelde hız kontrolü yapılır ve geribesleme ünitesi olarak takometre kullanılır. Takometre konusu ilerde anlatılacaktır. Bu bölümde fırçasız DC servomotorların esası olan fırçasız DC motorları göreceğiz.

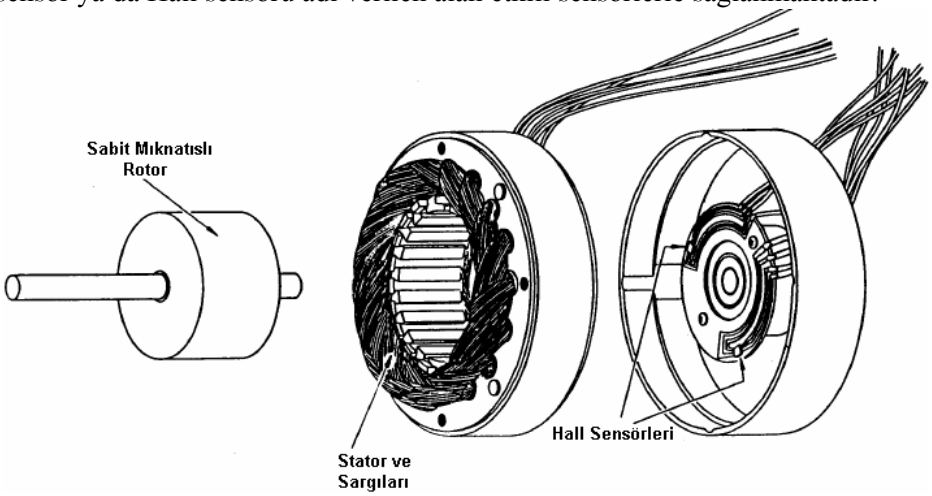
1.2. Fırçasız DC Motor

Geleneksel DC motor, kullanım kolaylığı ve özellikleri itibarıyla geniş bir kullanım alanı bulsa da komütatöre ve fırçaya bağımlı oluşu bazı yerlerde kullanımına sınırlama getirmektedir. Fırçaların aşınmaya müsait olması zaman içinde bakımını gerektirmektedir. Böyle bakıma muhtaç bir motorun disket ya da CD sürücü gibi sabit dönme sayısı istenen yerde kullanılırsa, ilerleyen zamanlarda dönme sayısında bir değişiklik olacaktır. Komütatör ve fırçanın yerini yarı iletken anahtar alırsa fırçasız DC motorlar elde edilir.

Şekil 1.4: Fırçasız DC motor

1.2.1. Motor Yapısı

Fırçasız DC(FDC) motorun yapısı, AC senkron motoruna benzemektedir. Rotor tarafından sağlanan manyetik alan ile stator tarafından sağlanan manyetik alan aynı frekansta döner. Harddisk, CD sürücüler gibi elektronik aygıtlarda kullanılan FDC motolar, üç fazlıdırlar. Yani statoru 3 ayrı sargıdan oluşmaktadır. Mikroişlemci soğutma fanlarında kullanılan motorlar ise 2 fazlıdır. Stator sargıları çok fazlı AC motorlarda olduğu gibi sarılır. AC motorlarından farkı, sargıları sürmek için rotor konumlarının algılanması gerekir. Bu da optik sensör ya da Hall sensörü adı verilen alan etkili sensörlerle sağlanmaktadır.



Şekil 1.5: Motorun yapısı

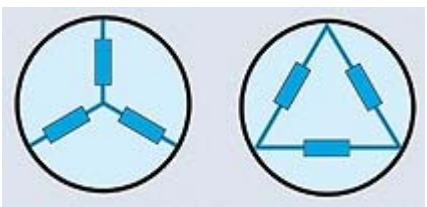
Rotor, FDC motorlarda statorun içinde olduğu gibi statorun dışına da yerleştirilir. Şekil 1.6'da bir CD sürücüden çıkarılan motorun yapısı görülmektedir. Dâhilî rotor haricî stator yapılı motorlar daha düşük atalet momentine sahiptir.

Şekil 1.6: CD Sürücü motoru

Stator, birbirine sıkıştırılmış ince çelik plakaların oluşturduğu yarıklara sarılan sargılardan oluşur. Bir ya da daha fazla bobin birbirini dik kesecek şekilde bağlanarak stator çevresine dağıtılmaktadır.

Şekil 1.7: Motorun stator yapısı

Statora sargılar iki şekilde sarılmaktadır. Üçgen (delta) ve yıldız (Y). Üçgen sarım, üç ayrı sargıyı bir üçgen oluşturacak şekilde birbirine bağlamaktır. Gerilim her bir birleşim noktasına verilir. Yıldız bağlantısı, her üç sargıyı tek bir merkeze bağlar ve gerilim sargıların açıkta kalan uçlarına verilir.

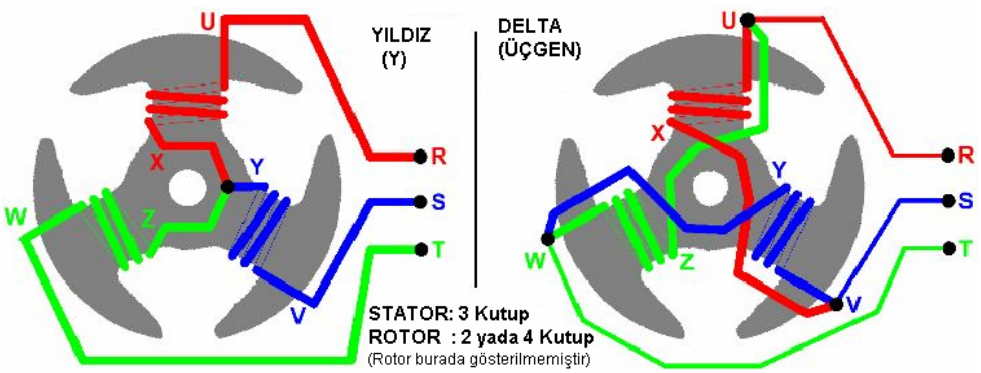


Şekil 1.8: Yıldız ve üçgen sarım

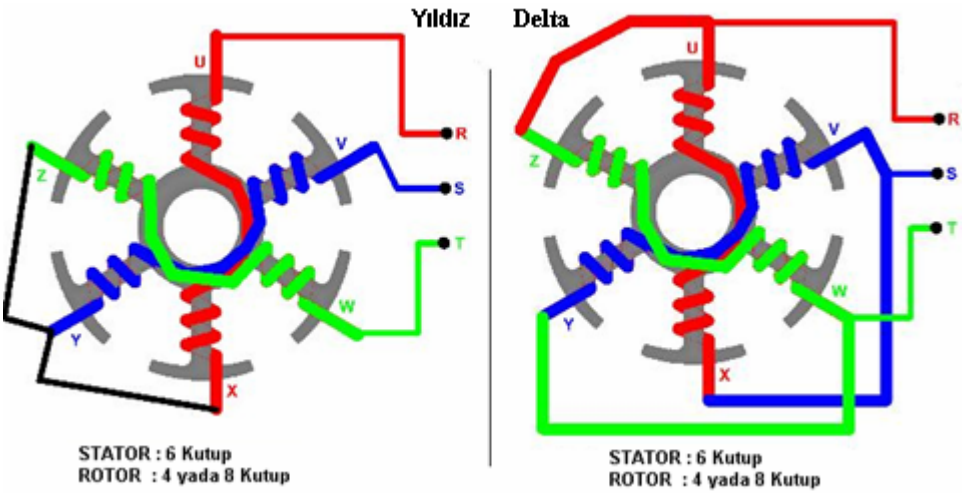
FDC motorlar, birinci sargıya pozitif, ikinci sargıya negatif (GND) enerji verilerek çalıştırılır. Üçüncü sargı bu esnada boşta yani enerjisizdir. Bu prensibe göre yıldız ve üçgen bağlantıların özelliklerini açıklayalım.

Y bağlantısında daima iki sargı seri olarak kullanıldığından manyetik alan daha şiddetlidir. Bu da daha fazla tork, daha düşük hız demektir. Buna karşın gerilim yüksek akım düşüktür.

Delta bağlantısında ise tek bir sargı kullanıldığından düşük gerilimde yüksek akım elde edilir. Bu da beraberinde yüksek hız, düşük tork getirir.

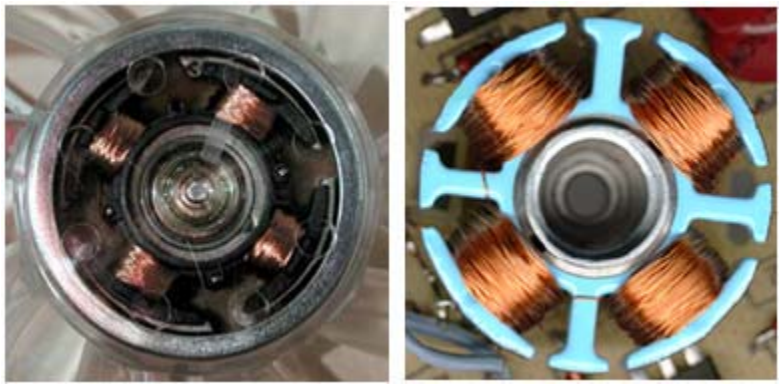


Şekil 1.9: 3 Kutuplu FDC motorda yıldız ve üçgen sarım



Şekil 1.10: 6 kutuplu FDC motorda yıldız ve üçgen sarım

Mikroişlemci fanı gibi iki fazlı motorlarda stator, dört kutuplu olduğu gibi bazı türlerde manyetik akının ölü noktalarını azaltmak için gölge (yardımcı) kutuplar kullanılmaktadır.



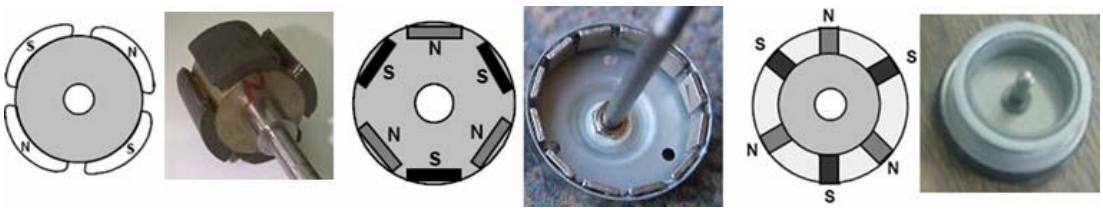
Şekil 1.11: Yardımcı kutuplu stator yapısı

Sabit mıknatıslı olan rotorun kutup sayısı iki-sekiz arasında değişmektedir. Rotorda istenen manyetik akı yoğunluğuna bağlı oalrak uygun malzeme seçilir. Çoğunlukla ferritten yapılan mıknatıslar, alaşımlı mıknatıs malzemelere göre ucuz olmasına rağmen daha az manyetik yoğunluk sağlamaktadır. Bugün Neodmiyum(Nd), Samarium-Cobalt (SmCo) ve Neodmiyum-Ferrit-Boron (NdFeB) alaşımından mıkantıslar yapılmaktadır.

Sabit mıknatıslar rotor nüvesine;

- Dairesel nüvenin çevresine
- Dairesel nüvenin içine dikdörtgen kütükler hâlinde gömülerek
- Dairesel nüvenin içine dikdörtgen kütükler hâlinde sokularak

olmak üzere üç şekilde yerleştirilmektedir



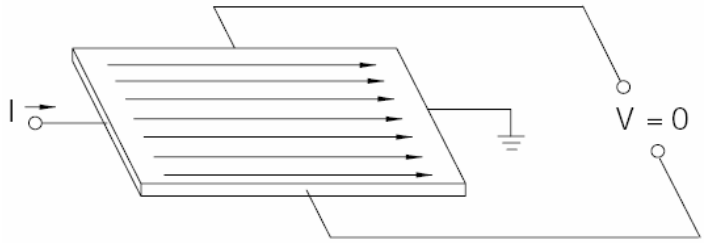
Şekil 1.12: FDC motorun rotor yapıları

1.2.2. Alan Etkili Sensör (Hall effect sensör)

Fırçalı DC motordan farklı olarak FDC motorun anahtarlanması elektronik olarak yapılmaktadır. Motor milini döndürmek için stator sargıları doğru sırada anahtarlanmalıdır. Bu noktada bir sargıya enerji verildikten sonra bir sonra enerji verilecek sargının tesbit edilmesi önemlidir. Rotorun konumu, statora gömülü alan etkili sensörlerle öğrenilmektedir.

Alan etkili sensörler, manyetik alanın varlığını algılar. Alan etkisi ilk defa 1879 yılında Dr. Edwin Hall tarafından keşfedildi. Yaptığı deneylerde içinden akım geçen altından yapılmış ince bir altın plakanın bir yüzüne, manyetik alanı dik olacak şekilde bir mıknatıs yerleştirilirse, altın plakanın diğer ucunda bir potansiyel farkı meydana geldiğini buldu. Bu gerilim farkı, iletkenden geçen akımla ve iletkende oluşan manyetik akı ile orantılıdır.

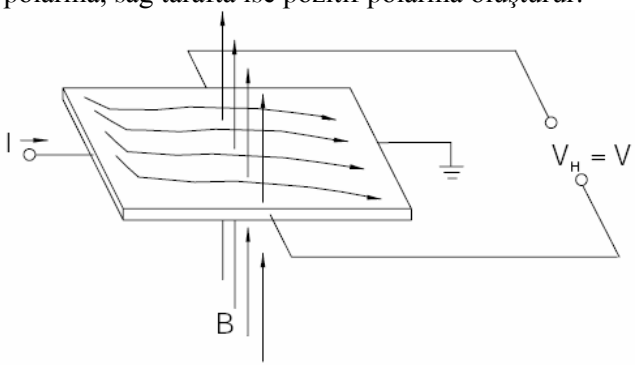
Şekil 1.13, Hall etkisini göstermektedir. İçinden akım geçen ince bir plakanın çıkış uçları, akıma dik olacak şekilde bağlanmıştır. Herhangi bir manyetik alan olmadığı durumda bir potansiyel fark yoktur.



Şekil 1.13: Hall etkisi

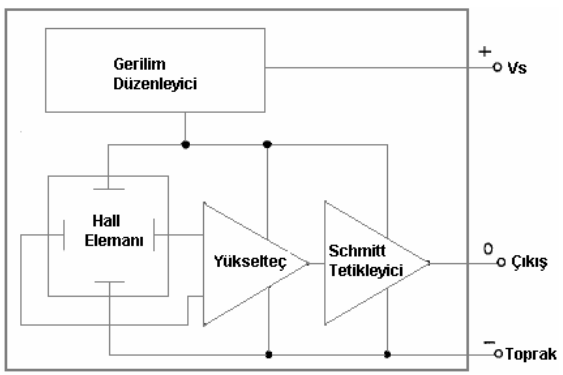
Plakaya dik bir manyetik alan olduğunda, Lorentz kuvveti denen etki plaka üzerindeki akımın dağılımını bozmaktadır. Bu da plakaya dik bağlanan çıkışlarda bir potansiyel fark oluşturmaktadır. Bu potansiyel farka Hall gerilimi adı verilmektedir.

Lorentz kuvveti sonucu elektronlar Fleming'in sol el kuralınca sola doğru yönlenir. Bu da sol tarfta negatif polarma, sağ tarafta ise pozitif polarma oluşturur.



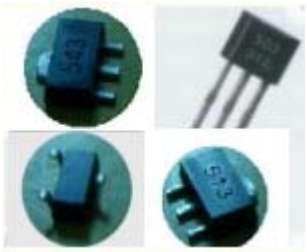
Şekil 1.14: Hall gerilimi

Hall gerilimi 30 mV değerinde bir gerilim olduğundan bir yükselteç ile yükseltilmelidir. Günümüzde Hall sensörü, gerilim düzenleyici ve Schmitt tetikleyici ile beraber tek bir kılıf içinde sunulmaktadır.



Şekil 1.15:Hall sensör şeması

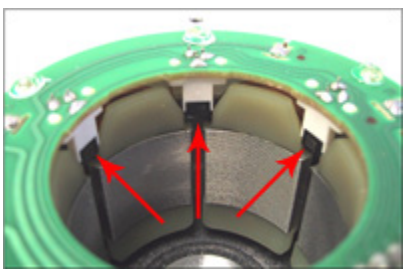
Bazı Hall sensörler tek çıkışlı olarak imal edilirken bazı sensörler iki çıkışlı yapılır. Tek çıkışlı Hall sensörü motor dönerken N kutbundan S kutbuna geçişi algıladığında sinyal verir. Diğeri S kutbundan N kutbuna geçişinde de sinyal verir.



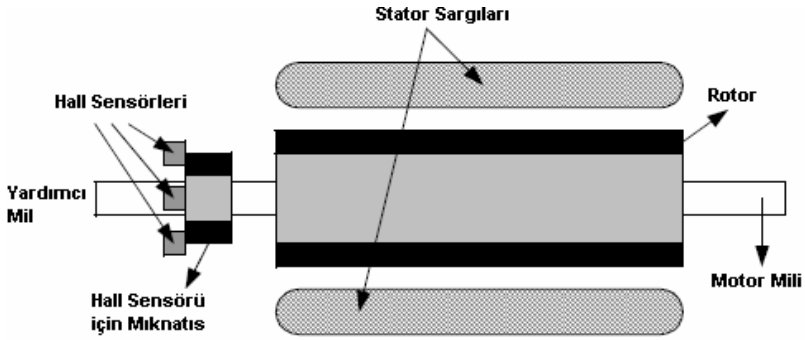
Şekil 1.16: Tek çıkışlı hall sensörleri

Şekil 1.17: Çift çıkışlı hall sensörü

Şekil 1.18, motor içine sabit olarak yerleştirilen alan etkili sensörleri göstermektedir. Burada manyetik akı rotorun mıknatısından sağlanmaktadır. Bazı motorlarda ise motor miline bağlanan yardımcı bir mıknatıstan sağlanır.



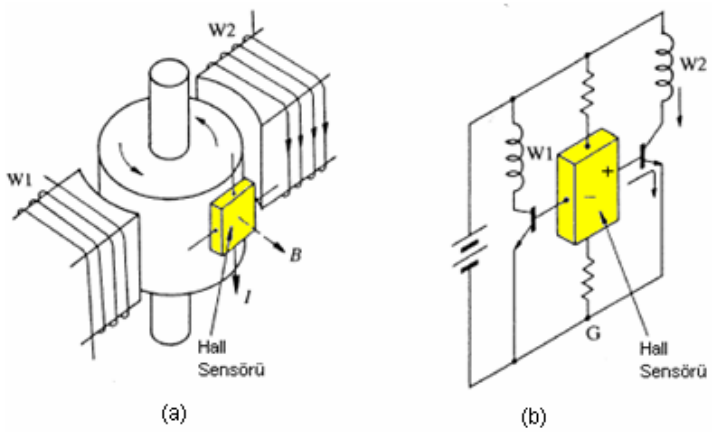
Şekil 1.18: Motor içindeki Hall sensörlerinin konumu



Şekil 1.19: Motor içindeki Hall sensörlerinin konumu

Şimdi Hall sensörünün rotor konumunu nasıl algıladığını inceleyelim.

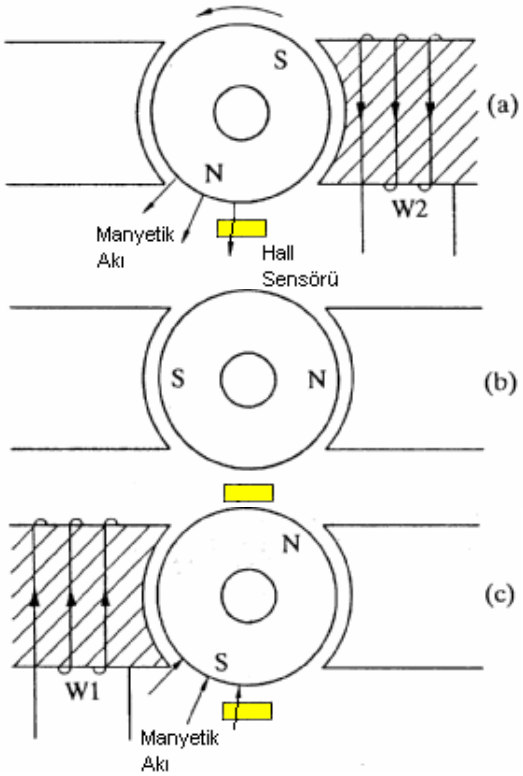
Şekil 1.20 (a), her birinde bir sargı olan iki stator kutbunu, rotoru ve bu rotora yakın bir yere yerleştirilen bir Hall sensörünü, Şekil 1.20 (b), ise W1 ve W2 sargılarındaki akımı anahtarlayan ik transistör ve Hall sensörü arasındaki bağlantıyı göstermektedir.



Şekil 1.20: (a) Manyetik alan (b) Sensörün sargı bağlantısı

Şekil 1.21, rotorun daimi nasıl döndürüldüğünü izah etmektedir.

- Bu durumda Hall sensörü rotorun kuzey kutbunu algılar.W2 enerjilenerek stator kutbunda S kutbu oluşur ve rotoru satin tersi yönünde döndürür.
- Bu konumda Hall sensörüne manyetik alan etkimediğinden iki transistör de OFF durumundadır ve W1 ve W2'den akım geçmez.
- Hall sensörü rotorun S kutbunu algılar ve W1 enerjilendirilir. W1'in bağlı olduğu statorda S kutbu oluşturulurarak rotorun N kutbunu çekmesi sağlanır. Bu da saatin tersi yönünde bir dönme sağlar.

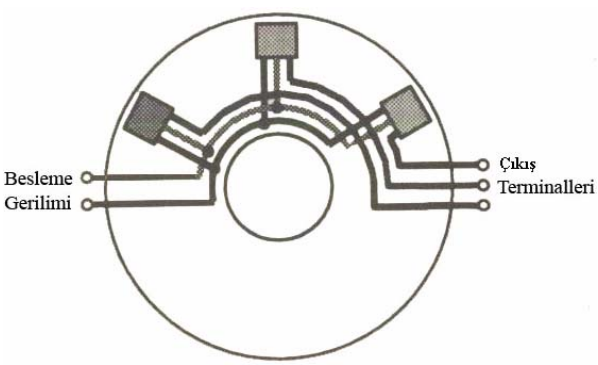


Şekil 1.21: Rotorun dönmesi

Bu ardışık ardımlar takip edilerek motor milinin daimi olarak dönmesi sağlar.

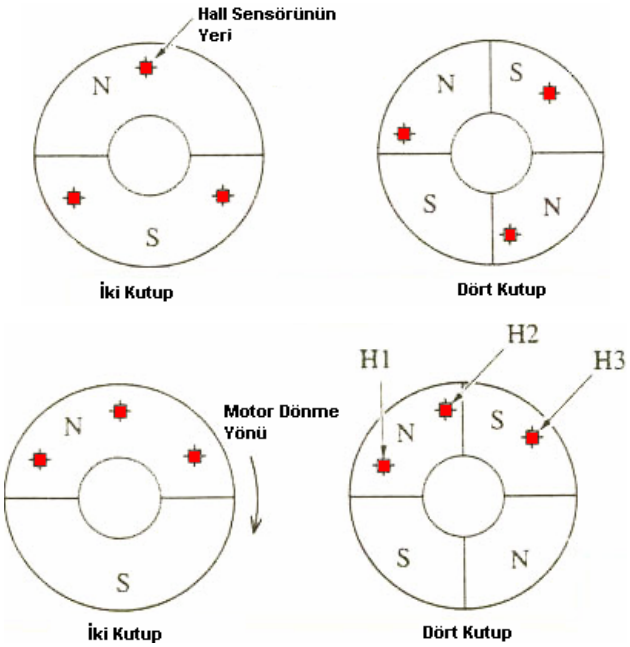
Böyle bir yapı ile bir sıkıntı, motor miline ağır bir yük bağlı ise hareket (b) durumunda durabilir. Bu yüzden birçok fırçasız DC motor, iki ya da daha fazla Hall sensörlü ve üç ya da daha fazla sargılı yapılmaktadır.

Şekil 1.22'de üç Hall sensörlü bir floppy disket sürücü motoru görülmektedir.



Şekil 1.22: Floppy disk sensörü

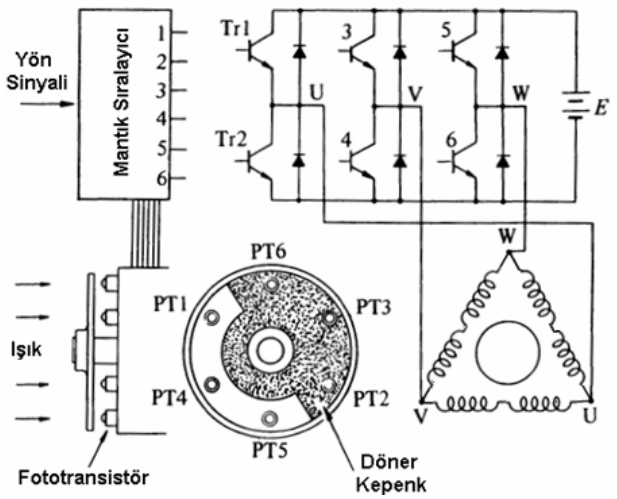
Hall sensörleri motorlada 60^0 aralıklarla ya da 120^0 aralıklarla yerleştirilir.



Şekil 1.23: Hall sensörlerinin yerleşim şekilleri

1.2.3 FDC Motorun Sürülmesi

Üç fazlı fırçasız DC motorun sürülmesi anlamak için Şekil 1.24'ü takip edeceğiz. Burada anlamayı kolaylaştırmak bakımından rotor konumunu tesbit için optik metot kullanılmıştır. Hall sensörlü algılama yöntemini akabinde vereceğiz.



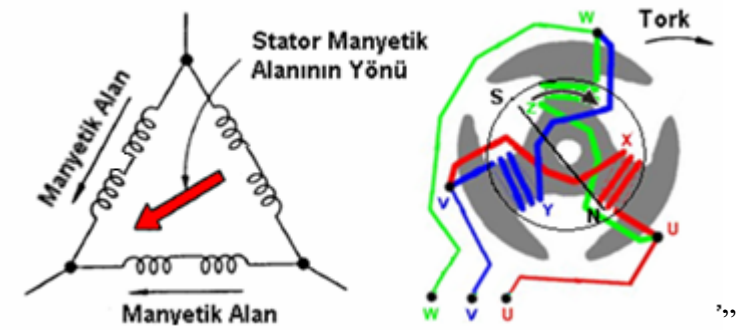
Şekil 1.24: 3 fazlı fırçasız DC motorun sürülmesi

Rotor milinin arkasına altı yarıklı bir disk (kepenk) ve altı fototransistör eşit aralıklı olarak bu disk üzerindeki delikleri görecek şekilde yerleştirilmiştir. Her bir fototransistör, ışık kaynağından gelen ışıkları ardışık olarak algılayacaktır. Şimdi sorun motoru süren transistorlerin ON/OFF durumlarını, fototransistörden gelen sinyallerle irtibatlandırmaktır. En basit bağ şu şekilde kurulabilir. Mantık sıralayıcı entegre, belirli numaralı fototransistörden sinyal geldiğinde o numaralı sürücü transistorü tetikleyecek şekilde programlanmalıdır.

Yukarıdaki şekilde, akım Tr_1, Tr_4 ve Tr_5 üzerinden akarak U ve W noktalarına gerilim uygulanır. V ucu boştatır. Bu anda akım U'dan V'ye ve başka bir akım W'den V'ye Şekil 1.25'te görüldüğü gibi akacaktır. Burada oklar, her bir fazdaki akım tarafından oluşturulan manyetik alanların yönünü, kırmızı ok ise bileşke manyetik alanı göstermektedir.

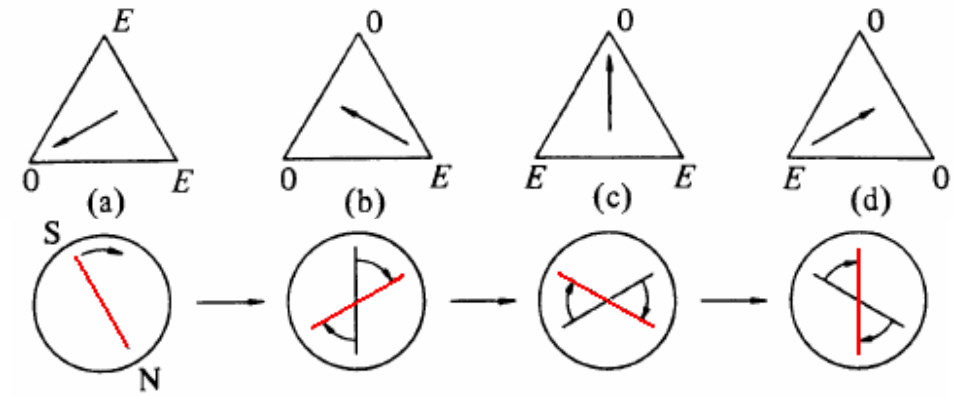
Tr_1	1
Tr_2	0
Tr_3	0
Tr_4	1
Tr_5	1
Tr_6	0

Tablo 1.1: Transistörlerin iletim sırası



Şekil 1.25: Bileşke manyetik kuvvet

Motor, Şekil 26'ta görüldüğü gibi rotor konumu ile statorun manyetik alan yönü arasında 90^0 derece olacak şekilde tasarlanır. Bu durumda saat yönünde bir tork üretilir. Rotor 30^0 döndükten sonra Tr_5 kapanır ve Tr_6 "ON" olur. Statorun manyetik kutbu, Şekil (b)'de görüldüğü gibi 60^0 saat yönünde bir daha döner (UW ve VW sargıları). Takip eden adımda 3 ve 4 nolu transistor ler durum değiştirirler Şekil (c)'deki gibi 60^0 saat yönünde bir daha döner. Bir tam tur için transistörlerin iletim sırası Tablo 1.2'de görülmektedir. Tablodan transistor lerin durumunu inceleyerek akımın hangi yollardan geçtiğini inceleyeniz.



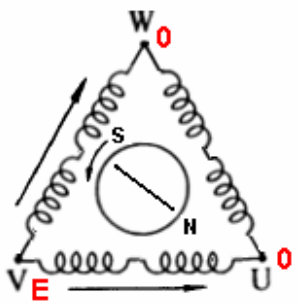
Şekil 1.26: Bileşke manyetik kuvvet yönleri

ON-OFF Sırası	1	2	3	4	5	6
Tr_1	1	1	1	0	0	0
Tr_2	0	0	0	1	1	1
Tr_3	0	0	1	1	1	0
Tr_4	1	1	0	0	0	1
Tr_5	1	0	0	0	1	1
Tr_6	0	1	1	1	0	0

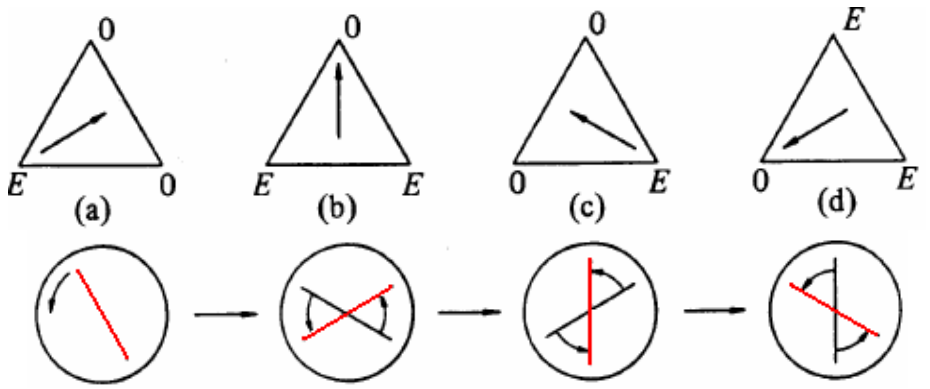
Tablo 1.2: Transistörlein iletim sırası

Motoru ters yönlü çalıştırmak istersek mantık sırasını tersine çevirmeyiliz. Mantık sıralayıcı, disk üzerinde bir fototranstör ışığa maruz kaldığında aynı numaralı sürücü transistor ün iletimi kesilmeli yani "OFF" yapılmalıdır. Diğer taraftan ışığa maruz kalmayan fototransitörün sürücü transistorü de "ON" yapılmalıdır.

Şekil 1.27'de Tr_2, Tr_3 ve Tr_6, iletindeyken E pozitif besleme gerilimi V üzerindedir. W ve U üzerinde negatif gerilim vardır. Bu yüzden statordaki manyetik alan terslenir ve rotor üzerindeki tork saatin tersi yönündedir. Motor mili 30^0 döndükten sonra Tr_2 kapatılır ve Tr_1 açılır. Bu noktada manyetik alan Şekil 1.28 (b)'de görüldüğü gibi 60^0 dönmüş olacaktır. Tablo 1.3'te verildiği gibi transistorün iletim oranı belirlendiğinde motor, saatin tersi yönünde bir tam tur atacaktır.



Şekil 1.27: Ters yönde iletim



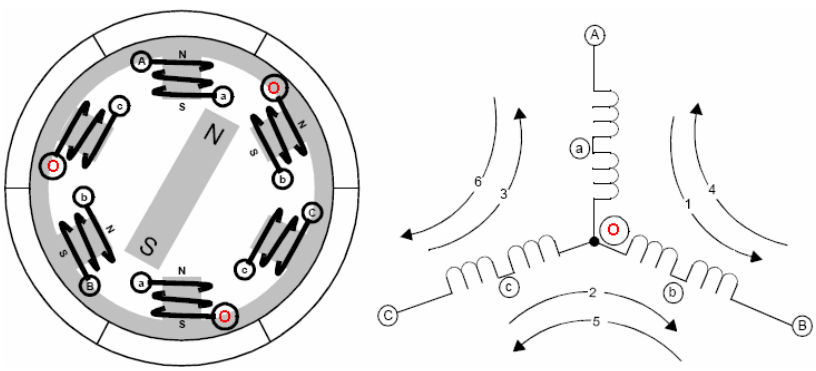
Şekil 1.28: Ters yöndeki manyetik bileşkeler

ON-OFF Sırası	1	2	3	4	5	6
Tr_1	0	1	1	1	0	0
Tr_2	1	0	0	0	1	1
Tr_3	1	1	0	0	0	1
Tr_4	0	0	1	1	1	0
Tr_5	0	0	0	1	1	1
Tr_6	1	1	1	0	0	0

Tablo 1.3: Ter Yönde transistörlein iletim sırası

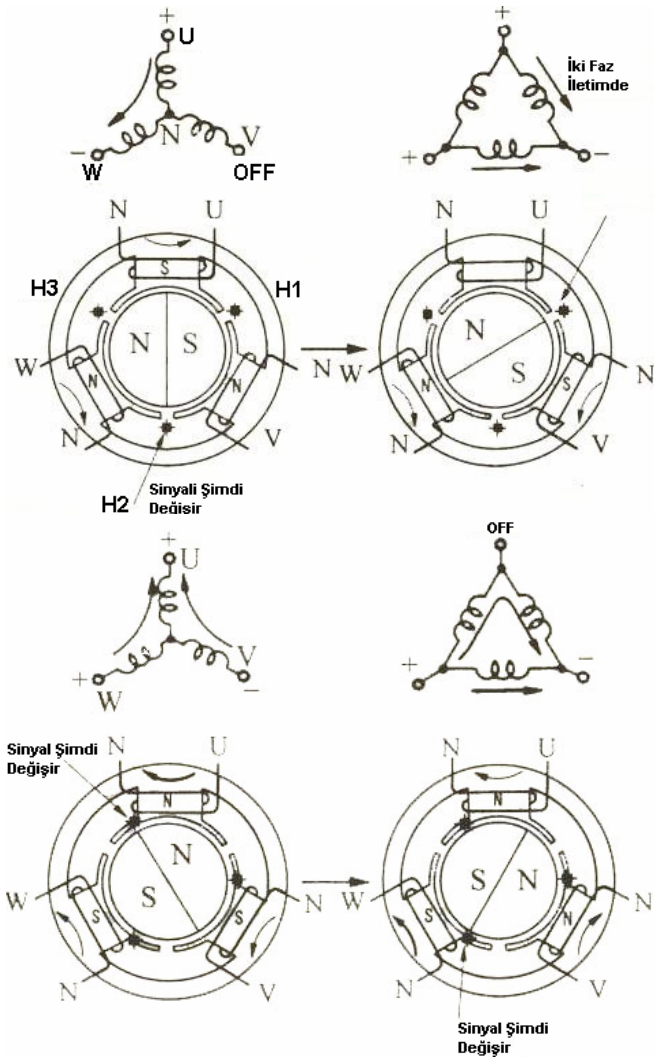
Yukarıda anlatılan motor üçgen sargılı idi. Şimdi de Y sargılı motoru inceleyelim.

Şekil 1.29'da her bir sargının iki kutba dağıtıldığı böylece sabit mıknatıslı rotorun indüklenen manyetik alanın orta noktasında döndüğü görülmektedir. O noktası sargıların birleştiği ortak noktadır. Şekil 1.30'da görülen rotor konumunda akım A'dan B'ye doğru akarak 1 nolu yolu takip etmektedir. Eğer akımın yolu C'den B'ye olacak şekilde 2 numaralı yolu takip ederse rotor, saat yönünde 60^0 dönecektir. Sırasıyla 3-4-5-6 sırası takip edilirse motor bir tam tur dönecektir.



Şekil 1.29: Y sargılı motor

Rotor konumunun algılanmasında Hall sensörünün kullanılması bilgimizi biraz daha geliştirelim.

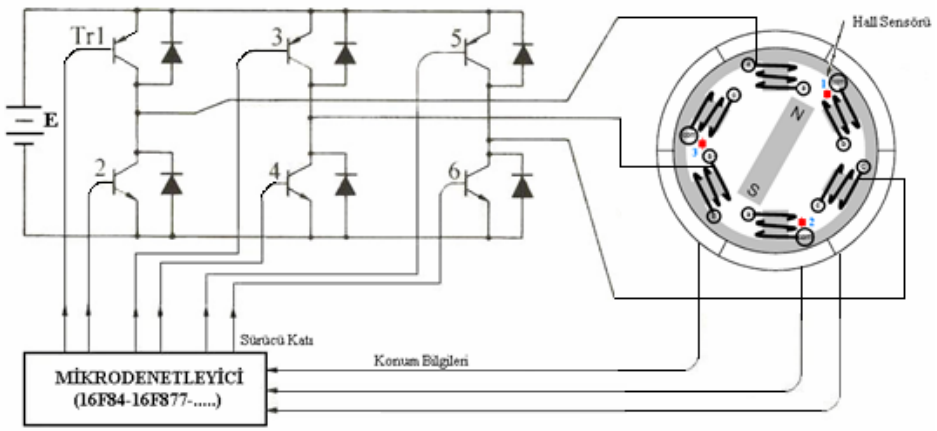


Şekil 1.30: Y sargılı motorun sürülmesi

1.2.4. Mikroişlemci ile Kontrol

Şekil 1.24'te görülen devrede transistorlerin nasıl sürüleceği anlatılmadı. Hall sensöründen gelen bit desenine göre ilgili transistörler, ya FDC kontrolü için imal edilen Panasonic'in AN826, Hitachi'nin HA13412 gibi entegreler ile ya da mikrodenetleyiciler ile sürülür. Küçük uygulamalar için mikrodenetleyiciler, bünyesibde kısıtlı da olsa ROM, RAM ve I/O portu barındırdığı için mikroişlemcilerin yerine geçmişlerdir. Microchip firmasının ürettiği PIC(Peripheral Interface Chips) mikrodenetleyicileri günümüzde çok revaçtadır. PIC serisi 8-40 bacaklı DIP kılıfı içinde piyasaya sunulmuştur. Bu seride çok yaygın olarak

kullanılan 16F84, 18 bacaklı olup iki giriş/çıkış portuna sahiptir. PORTA isimli port 5 bit, PORTB isimli diğer port 8 bitliktir. Her iki porttaki herhangi bir bit giriş ya da çıkış olarak programlanabilir. Bu tanımlama uygulamanın port gereksinimine bağlıdır.



Şekil 1.31: Mikrodenetleyici ile motorun sürülmesi

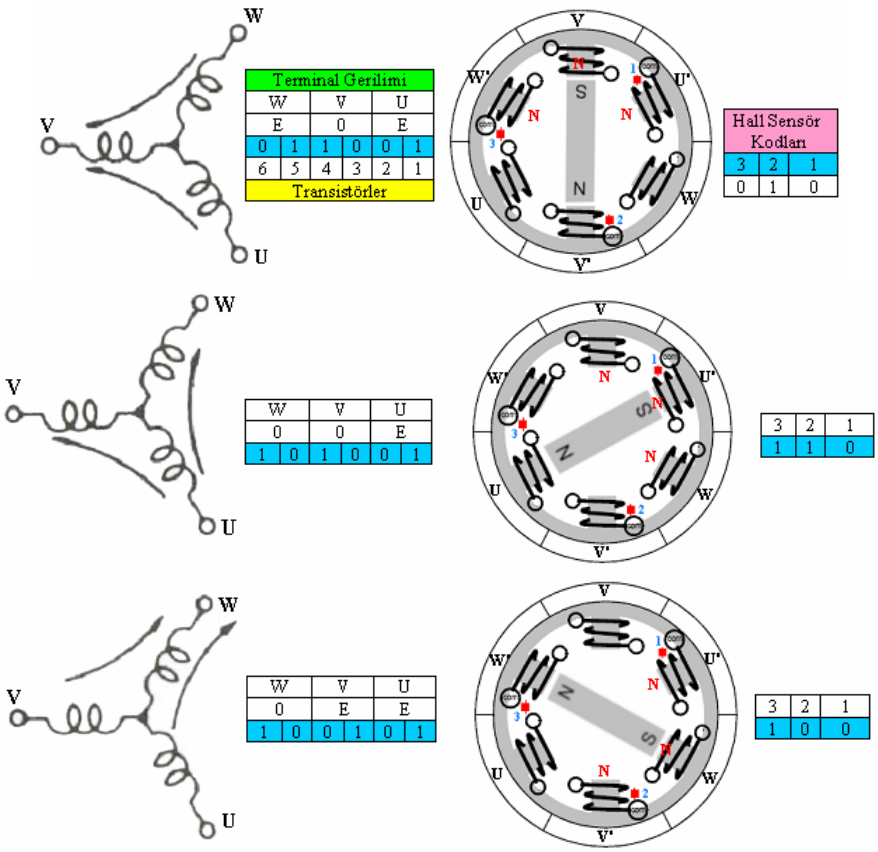
Mikrodenetleyici ile FDC motorun nasıl sürüldüğünü incelemek için Şekil 1.31'den yararlanalım. Şekil 1.32, Hall sensörü, sargı konumları ve motorun saat yönü ve tersi için transistörleri sürecek sinyaller arasındaki ilişkileri göstermektedir. Motor sargısı Y biçimlidir. Rotor iki kutupludur. Gerçekte rotor bir yarısı N yarısı S kutbu olan bir silindir olmasına rağmen burada basitlik için düz bir çubuk şeklinde gösterilmiştir. Hall sensörleri 1, 2 ve 3 ile numaralanmıştır. Transistörlerin ve Hall sensörlerin aldıkları değer Tablo 1.4'te görülmektedir. Tekrar hatırlatalımki Hall sensörleri N'den S'ye geçişte gerilim seviyesi Mantık 1'den Mantık 0'a düşer.

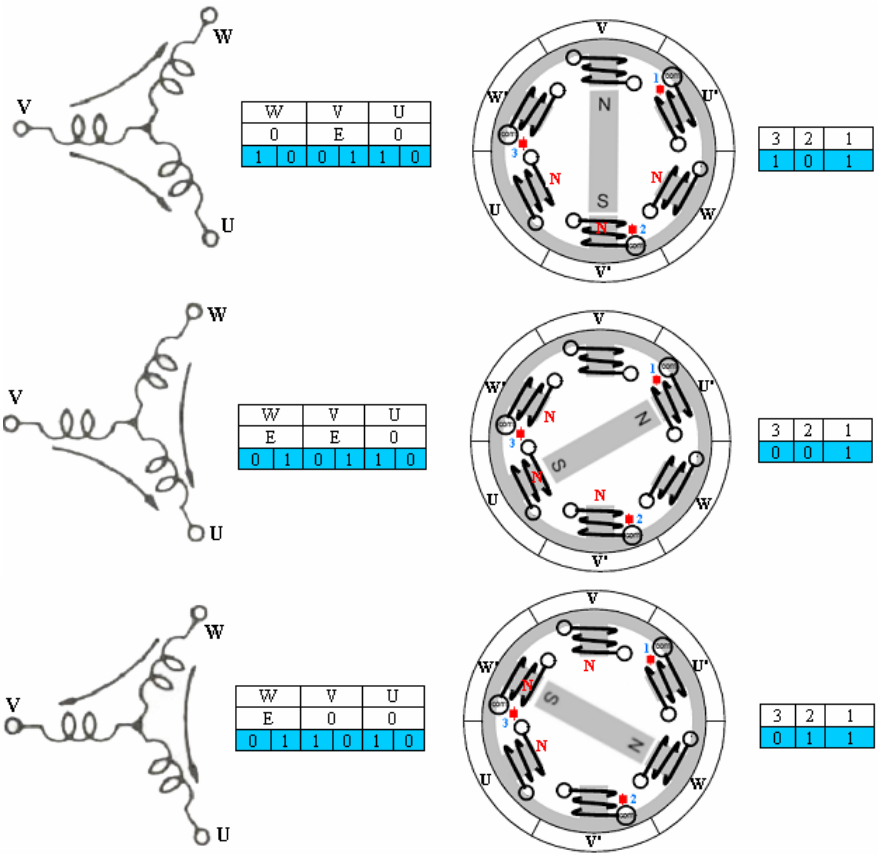
İlk olarak anahtarlamanın 1 nolu sıradan başladığı saat yönünü(CW) inceleyelim. Hall sensörlerinden gelen (010) bilgisne göre mikrodenetleyici, çıkış portlarına (011001) bilgisini yönlendirecek ve bunun sonucunda U ve W terminalleri pozitif E terminaline ve V terminali de akım dağılımını sağlamak için negatif terminale bağlanacaktır. Şekil 1. 32(a**)** da bu iletim durumuna göre rotorun konumu görülmektedir. Rotor 30^0 döner. Rotor 30^0 döndüğü anda Hall sensörlerinin çıkışı, 2. sıradaki gibi yani (110) olacaktır. Rotor 60^0 döner. Bu şekilde ardışık işlem devam eder.

Hall Sensörleri			Anahtarlama Durumları						Sıra
#3	#2	#1	Tr_6	Tr_5	Tr_4	Tr_3	Tr_2	Tr_1	
0	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	0	1	2
1	0	0	1	0	0	1	0	1	3
1	0	1	1	0	0	1	1	0	4
0	0	1	0	1	0	1	1	0	5
0	1	1	0	1	1	0	1	0	6

Tablo 1.4: Saat yönü (CW)

Saat yönünün tersi için Tablo 1.5'te görüldüğü gibi Hall sensör bilgisinin değişmesi gerekir.





Şekil 1.32: Rotor-transistör-sensör ilişkisi

Hall Sensörleri			Anahtarlama Durumları					
#3	#2	#1	Tr_6	Tr_5	Tr_4	Tr_3	Tr_2	Tr_1
0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	1	0
1	1	0	0	1	0	1	1	0

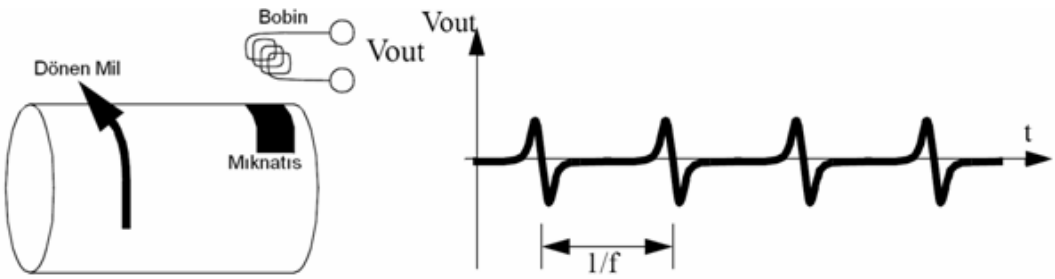
Tablo 1.5: Saat yönünün tersi (CCW)

Motor yapılarını gördükten sonra servomotorun diğer unsuru olan geri besleme ünitelerini görelim.

1.3. DC Servomotor Geribesleme Üniteleri

1.3.1. Takometre

Takometre dönene bir milin hızını ölçer. Mil üzerine bir mıknatıs yerleştirilir. Mıknatıs dönerken, motor gövdesine yerleştirilmiş bir bobinde bir gerilim meydana getirir. Motor milinin her dönüşünde bobin üzerinden Şekil 1.33'te görüldüğü gibi bir pals elde edilir. Palsler arasındaki zaman ölçüldüğünde bir dönüş için geçen süre, yani frekans hesaplanır. Bobinden elde edilen palsin düzenlenmesi gerekir.

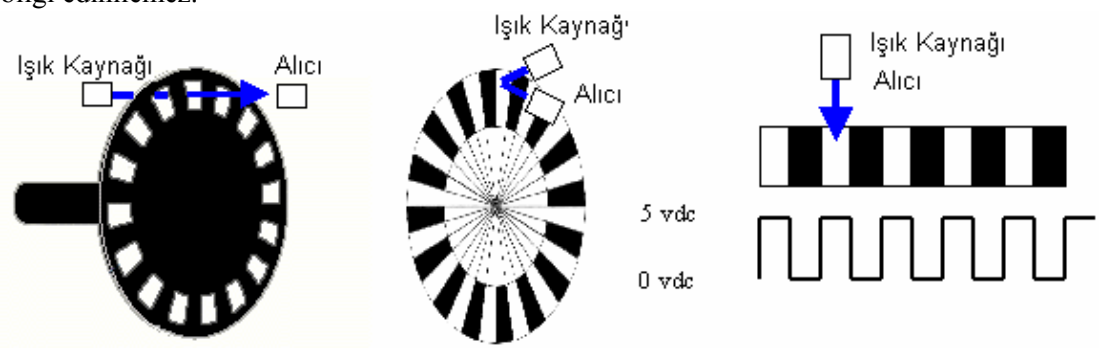


Şekil 1.33: Takometre

1.3.2. Encoder

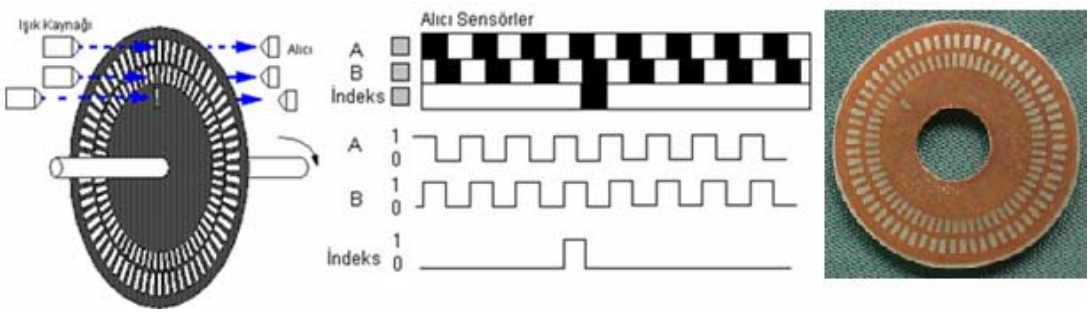
Encoder dönme hareketini ardışık sayısal sinyallere çevirerek dönme miktarı ve dönme sayısı hahında bilgi verir. Manyetik olduğu gibi çoğunlukla optik olarak çalışır. Doğrusal ve döner olmak üzere ikie ayrılır. Döner encoderlar da konum bilgisinin veriliş tarzına göre artımlı ve mutlak olmak üzere ikiye ayrılır. Optik sensörlerde ışık kaynağı, alıcı ve üzerinde yarık ya da çizgiler olan dikler kullanılır.

Artımlı(incremental) encoderda disk yarıklı ise ışık, yarıktan geçerek alıcıya gelir. Yansımalı tipte ise ışık, üzerine siyah ve beyaz çizgiler çizilmiş disk üzerinden yansır. Böyle bir encoderdan konum bilgisi elde edilmesine rağmen motor milinin dönüş yönü hakkında bilgi edinilemez.



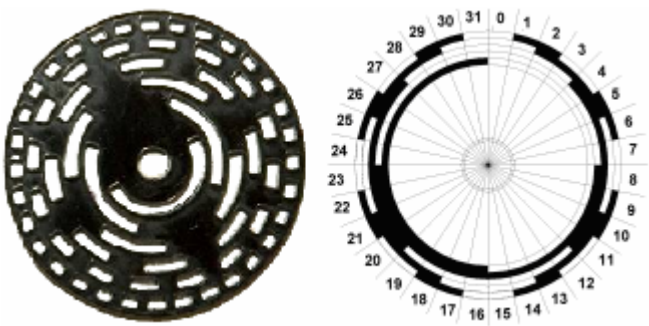
Şekil 1.34: Artımlı encoder

Dönüş yönü için iki sıra hâlinde (track: iz) dizilmiş yarıklar kullnılır. Alttaki yarıkla üstteki yarık arasında ¼ kaçıklık vardır. Üstteki yarıktan gelen sinyale A, alltan gelen sinyale B kanalı denir. Mil döndükçe mil hızıyla orantılı bir frekansta bu kanallarda pals üretilir. Bu iki sinyal arasındaki faz farkı dönme yönü konusunda bilgi verir. Örneğin A kanalı B'ye göre önde ise mil saat yönünde döner. Disk üzerindeki yarık sayısı encoderın çözünürlüğünü verir. Diskte 1024 yarık ya da iz var ise bu encoderın çözünürlüğü 1024 adım/tur olarak verilir. Her bir kanaldaki pals sayısı ve çözünürlük bilinirse milin açısal konumu tayin edilir. Encoderlarda çounlukla üçüncü bir kanal daha bulunur. Z ya da indeks kanalı denilen bu kanal, her turda bir pals üretirek milin dönme sayısı hakkında bilgi verir. Ayrıca mekanizmalarda başlangıç konumuna gelmek(home position) için bir referans sinyali olarak da kullanılır.



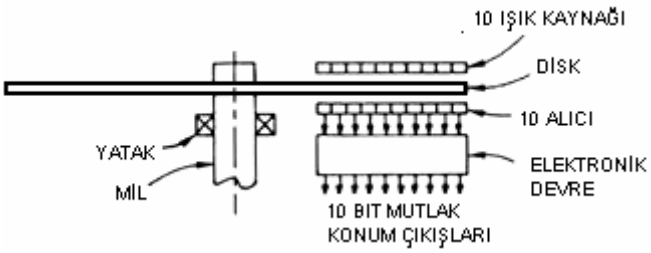
Şekil 1.35: Artımlı encoderda çıkış kanalları

Mutlak encoderda mil konumuna ilişkin tek bir sayısal sinyal üretilir. Milin her bir konumunun sayısal bir deseni vardır. İkilik düzendeki bu sayısal desendeki bit sayısı, çözünürlüğü verir.



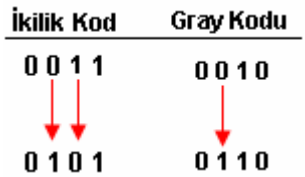
Şekil 1.36: Mutlak encoder

Disk üzerindeki her bir dairesel sıra ya da iz, sayısal deseni oluşturur. Disk üzerinde 8 iz varsa encoder 2^8=256 farklı konumu yani $8360/256=1.406^0$ açıyı bildirebilir. Sayısal desende 10 iz varsa 2^{10} =1024 konumu belirtir.

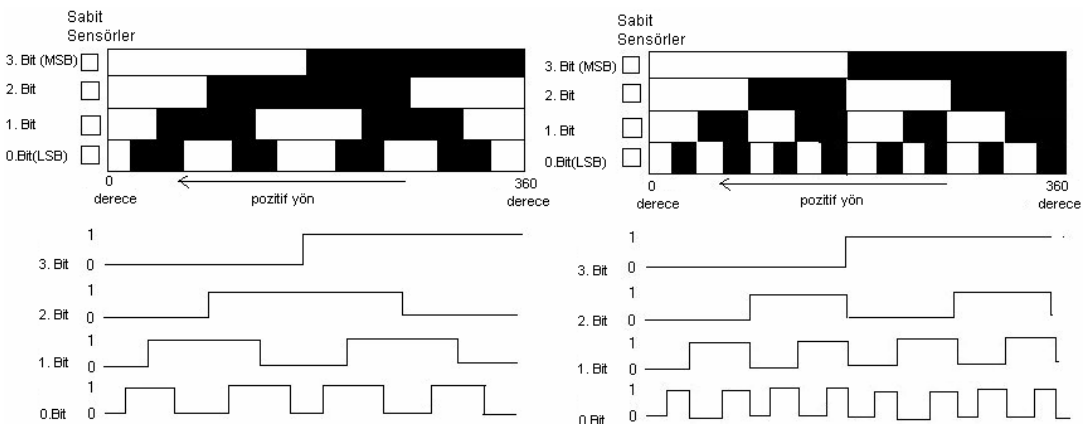


Şekil 1.37: Mutlak encoderda ışık kaynağı

Sayısal desen çıkışı ikilik düzendir. Fakat uygulamalarda bu hatalara sebebiyet verdiğinden bu kod, gray koduna (Frank Gray, 1953) çevrilmektedir. İkilik kodda disk üzerinde okuma yapılırken birden fazla bitte değişim olur. Gray kodunda ise sadece bir bit değişir. Örneğin 3'ten(0011) 4'e geçiş için ikilik düzende 2 bit değişirken Gray kodunda sadece 1 bit değişir.



Şekil 1.38'de 4 bitlik bir disk için ikilik ve gray kodunun karşılaştırılması yapılmaktadır.



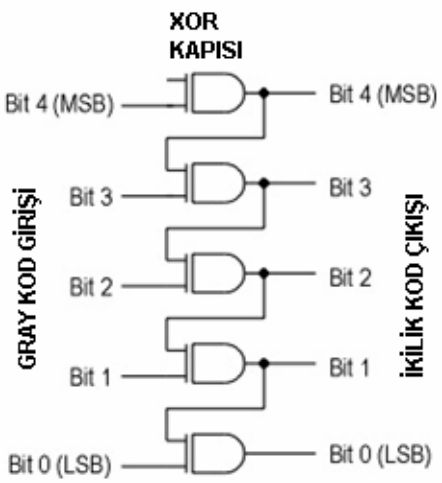
Şekil 1.38: İkilik ve Gray kodunun karşılaştırılması

Tablo 1.6‘da ikilik kodların Gray kod karşılıkları görülmektedir.

Onluk Sayı	Dönme Aralığı (Derece)	İkilik Kod	Gray Kod
0	0-22.5	0000	0000
1	22.5-45	0001	0001
2	45-67.5	0010	0011
3	67.5-90	0011	0010
4	90-112.5	0100	0110
5	112.5-135	0101	0111
6	135-157.5	0110	0101
7	15.75-180	0111	0100
8	180-202.5	1000	1100
9	202.5-225	1001	1101
10	225-247.5	1010	1111
11	247.5-270	1011	1110
12	270-292.5	1100	1010
13	292.5-315	1101	1011
14	315-337.5	1110	1001
15	337.5-360	1111	1000

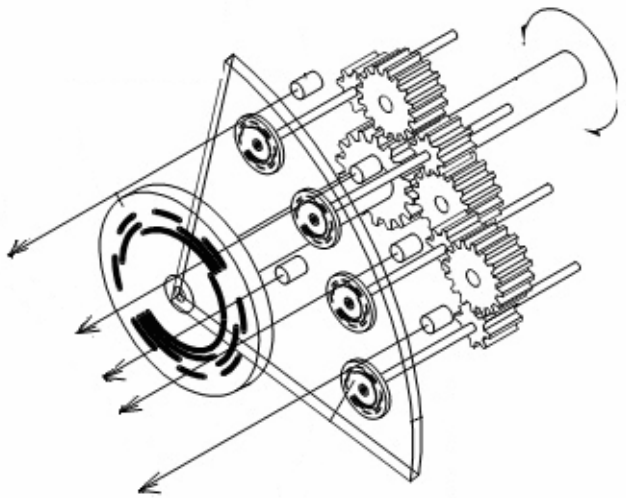
Tablo 1.6: Dönme aralığı ve karşılık kodları

İkilik düzen tüm kontrol sistemlerinde kullanıldığından ikilik düzene çevrilmesi gerekir. Şekil 1.39’da özel veya kapısı (XOR) ile bu çevrim görülmektedir. (/4LS86 entegresi ile)



Şekil 1.39: Gray kodu-ikilik dönüşümü

Mutlak encoder ile bir dönüşteki konumlar tespit edilir. Dönme tamamlandıktan sonra tekrar başa dönülür. Örneğin, bir milin 4 tur döndüğünün bilinmesi için ya gelen sinyallerin bir sayaç ile sayılması gerekir ya da çok turlu encoderlar kullanılır. Özellile motorun doğrusal sistemleri sürdüğü durumlarda motorun kaç tur döndüğünün bilinmesi gerekir. Bunun için encoder gövdesi içine aralarında debir düşüren dişli yerleştirilen birkaç tane tek turlu disk yerleştirilmiştir. Bu şekilde encoderın 4096 ya da 8192 dönüşü tesbit edilebilir.

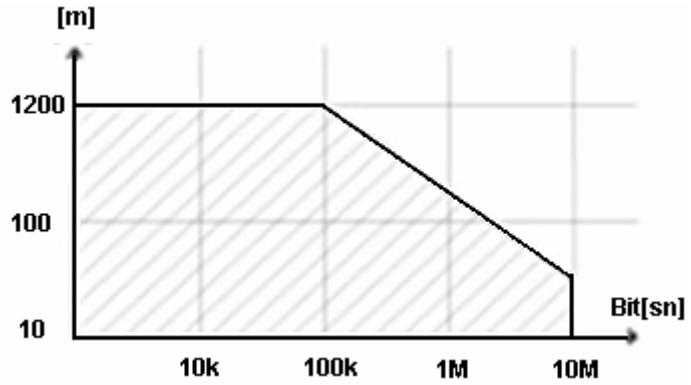


Şekil 1.40: Çok turlu encoderlar

Encoderdan alınan bilgiler kısa mesafelerde paralel olarak denetleyiciye iletilir. Yani her bite bir kablo. Veri aktarımı encoder çıkışında NPN, PNP, Push-Pull gibi yöntemlerle sağlanmaktadır (bk. Tablo 1.7). Verilerin örneğin bir PLC'de okutulmak istendiğini düşünelim. Gray koduna göre tanzim edilmiş ise veriler, örneğin push-pull yöntemiyle encoderdan çıkar; ikilik sisteme dönüştürülür ve PLC'de okunur.

Paralel veri aktarımı düşük çözünürlüklü ve kısa mesafeler için idealdir. Fakat birden fazla encoderın kullanıldığı örneğin takım tezgâhları ya da robotlar gibi sistemlerde çözünürlüğün de yüksek olması dolayısıyla maliyet artmaktadır. Hele hele SCADA gibi uygulamalarda veriler uzak alanlardan toplanacaksa paralel aktarımın yerine seri aktarımı kullanmak zorunludur.

Tipine bağlı olarak RS485 ve RS422 olarak kullanılan "eş zamanlı seri arabirim"de (synchronous-serial-interface,SSI) veriler en fazla 6 kablo ile iletilir. Örneğin RS485 standardını karşılayan sürücüler 10 Mbit/sn'lik hızda vri aktarımını yapabilir. Şekil 1.41, iletim uzaklığı ile hız arasındaki bağıntıyı göstermektedir. Bu uygulamalar için tatmin edicidir. Azami transfer hızı uzunluğa bağlıdır.



Şekil 1.41: İletim uzaklığı-Baud hızı ilişkisi

RS485 ve RS422 standartları "Bilgisayarla Kontol 6" modülünde anlatılmaktadır.

Şimdi encoderların katologlarında nasıl ifade edidiğini görelim.

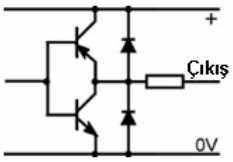
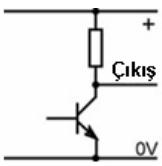
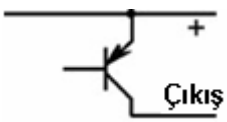
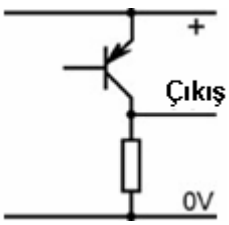
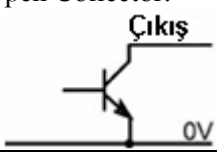
INDUCODER firmasının EA 50 modelini inceleyelim.

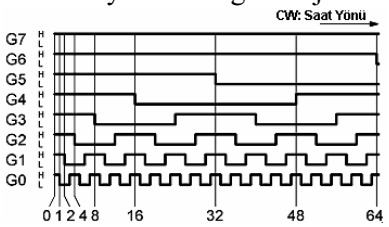
Şekil 1.42: EA 50 modeli encoder

Özellikleri:

- Motor miline haricî olarak takılabilen optik, tek turlu mutlak encoder (Optical absolute singleturn shaft encoders)
- 50 mm muhafaza çapı(kasa), 35 mm kasa yüksekliği (Package diameter 50 mm, case height 35 mm)
- Çözünürlük: adım/tur, adım /360° (4096 = 12 bit, 1024 = 10 bit, 0256 = 8 bit) (Resolution: steps/turn, steps/360° (4096 = 12 bit, 1024 = 10 bit, 0256 = 8 bit)

Type explanation	
EA 50-4096G-24-P-S Absolute Shaft Encoder Type **Package diameter** Resolution in steps per revolution **Code Gray/Binary (natural)** B Power supply voltage 12 Output driver R Cable outlet at side	Mile takılan mutlak encoder Tipi Kasa çapı Çözünürlük: adım/devir(tur) Kodlama: Gray/İkilik Besleme çerilimi Sürücü çıkışı Kasadan kablo çıkış biçimi

Selecting table		
Resolution in steps per rev.	0256 = 8 bit, 256 steps/turn 1024 = 10 bit, 1024 steps/turn 4096 = 12 bit, 4096 steps/turn	Çözünürlük: 0256=8bit, 256 adım/tur 1024=10bit, 1024 adım/tur 4096=10bit, 4096 adım/tur
Power supply voltage	12 = 4,5 .. 13 VDC 24 = 10,8 .. 26 VDC	Besleme gerilimi: 12 = 4,5 . 13 VDC 24 = 10,8 . 26 VDC
Output driver	P = push-pull R = npn Transistor, pull-up R = 2kOhm C = open collector	Çıkış sürücüsü: P= Push-Pull  NPN:  NPN Open Collector:  PNP:  PNP Open Collector: 

Output signals	**Çıkış sinyali**
8 bit Gray code Negative Logic	8 bit Gray kodlu negatif lojik 

Mechanical Data		**Mekanik veri**
Rotational speed	max. 5000 min^{-1}	Devir sayısı : azami 5000 dev/dak
Torque	< 1 Ncm	Tork : <1 Ncm
Moment of inertia	30 g cm^2	Atalet momenti: 30 g-cm^2
Loading of bearings	**80 N radial** **50 N axial**	Yatak Yükü : 80 N dikey : 50 N eksenel
Angular acceleration	$\leq 10^5$ rad/sec^2	Açısal ivme : <= 10^5 rad/sn^2
Operational life of ball bearings	> 10^5 h (1000 min^{-1})	Yatakların Çalışma ömrü : 10^5 saat (1000 devirde)
Weight	< 0,25 kg	Ağırlık : 0.25 kg

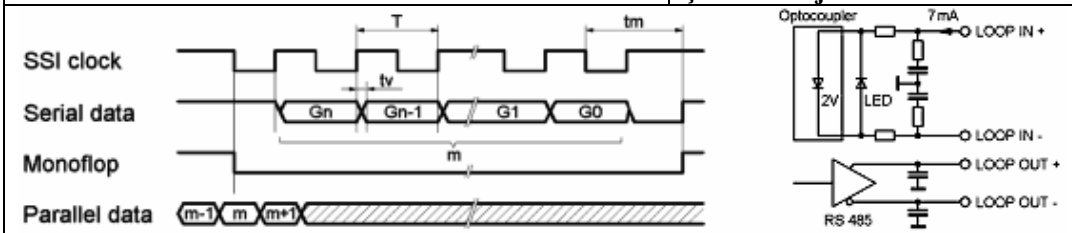
Electrical connections				**Elektriksel bağlantı**			
Colour	**Signal**	**Colour**	**Signal**	**Renk**	**Sinyal**	**Renk**	**Sinyal**
Red	+Vcc	Green	G6 / B6	Kırmızı	+Vcc	Yeşil	G6/B6
Black	0 V GND	Green/White	G7 / B7	Siyah	GND	Yeşil/Beyaz	G7/B7
Brown	G0 / B0	Blue	G8 / B8	Kahverengi	G0/B0	Mavi	G8/B8
Brown/White	G1 / B1	Blue/White	G9 / B9	Kah./ Beyaz	G1/B1	Mavi/Beyaz	G9/B9
Orange	G2 / B2	Grey	G10 / B10	Turuncu	G2/B2	Gri	G10/B10
Orange/White	G3 / B3	Grey/White	G11 / B11	Tur. / Beyaz	G3/B3	Gri/Beyaz	G11/B11
Yellow	G4 / B4	Shield	Ground	Sarı	G4/B4	Koruma	GND
Yellow/White	G5 / B5			Sarı/Beyaz	G5/B5		
Outline drawing		**mm**		**Dış ölçüler**		**mm**	

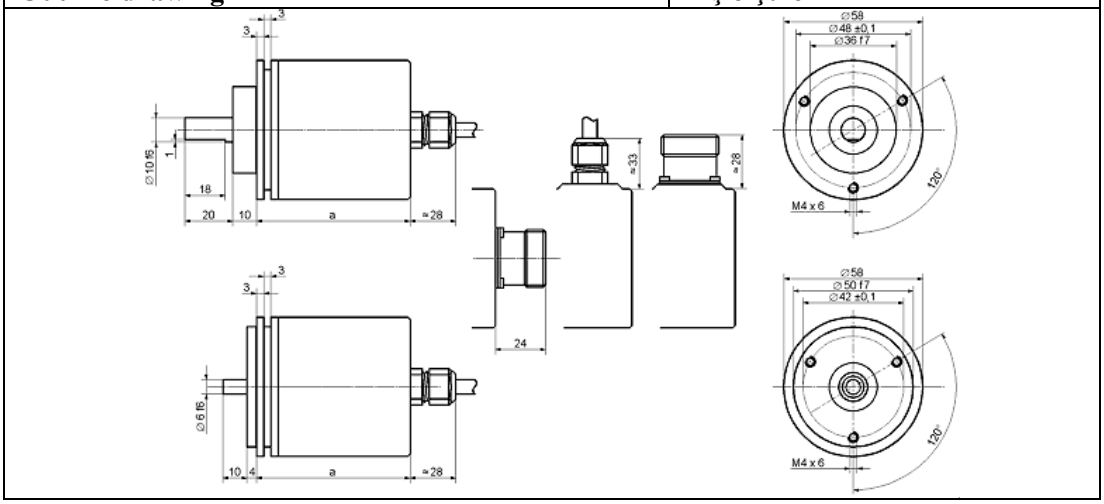
Tablo 1.7: Encoder katoloğu

Şimdi de INDUCODER firmasının EAM 57 modelini inceleyelim.

Şekil 1.43: Çok Turlu EAM 57 modeli

Resolution	**Çözünürlük**
steps/turn 65536 = 16 bit, 8192 = 13 bit, 4096 = 12 bit	adım/ devir 65535=16 bit, 8192=13 bit, 4096=12 bit
Measuring range	**Ölçme aralığı**
Single-turn 1 turn Multi-turn 16384 turns = 14 bit, 4096 = 12 bit	Tek-turlu : 1 tur Çok-turlu : 16384 tur=14 bit, 4096 tur=12 bit
Type explanation	**Tip açıklaması**
EAM 57-30G -30-D-SC12 Absolute Shaft Encoder type Flange type S Package diameter No. of bits Code Gray/Binary nat. B Electronic reset Power supply voltage Output driver DI Exit at side/rear R Connector, 12 pins	Mile takılan mutlak encoder tipi Flanş çapı Kasa çapı Bit Sayısı (çözünürlük) Kodlama: Gray/İkilik Elektronik resetleme Besleme gerilimi Sürücü çıkışı Yan ve arka kısımdaki çıkış biçimi Konnektör: 12 iğne
Selecting Table	**Seçim tablosu**
No. of bits: 24 = 12 bits x 4096 turns 25 = 13 bits x 4096 turns 28 = 16 bits x 4096 turns 26 = 12 bits x 16384 turns 27 = 13 bits x 16384 turns 30 = 16 bits x 16384 turns Code: G = Gray, B = Binary Electronic reset: R = Reset input Power supply voltage: 30 = 10..30 VDC Output driver: D = SSI, DI = SSI + incremental outputs	Çözünürlük: 24=12 bit x 4096 tur 25=13 bit x 4096 tur 28=16 bit x 4096 tur 26=12 bit x 16384 tur 27=13 bit x 16384 tur 30=16 bit x 16384 tur Kod: G=Gray, B=İkilik Elektronik reset R=Reset girişi Besleme gerilimi:30=10..30 VDC Çıkış sürücüsü: D=SSI, DI=SSI+ artımlı çıkışlar
Channel schematic	**Şematik lojik**

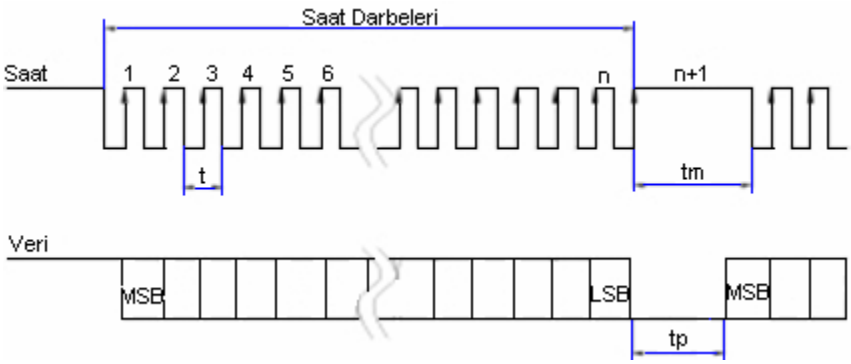


Electrical connections	Elektriksel bağlantı
SSI Data out RS485 Clock (SSI) Optocoupler **Inputs** Rotational direction CW/CCW Electronic reset RESET (optional) **Incremental outputs** 1024 pulses/revolution AA+BB/90° RS422 (optional)	SSI Veri çıkışı RS485 Saat Optokuplör Girişler Dönme yönü Saat yönü/Tersi Elektronik reset RESET(tercihli) Artımlı çıkışlar 1024 pals/dönme AA+BB/90^0 RS422 (tercihli)
Outline drawing	**Dış ölçüler mm**
	

Tablo 1.8: Çok turlu EAM 57 modeli

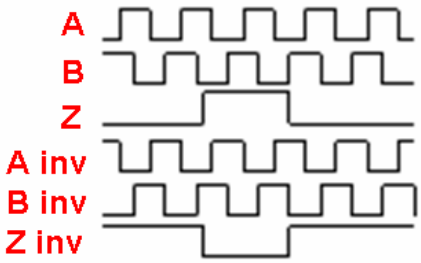
Tablo 1.8'de **"**Seçim tablosu" bölümünde çıkış bilgisi olarak SSI geçmektedir. Bunu kısaca açıklayalım.

Eş zamanlı seri iletimde encoderın konum bilgilerine eşlik eden bir saat sinyali vardır. İletim olmadığı zaman saat ile veri hattı yüksektir. İletim başlayacağı zaman saat sinyali düşer. Tekrar yükseğe geldiği anda veri bitleri sırayla gönderilir. İletim en değerlikli bit ile başlar.



Şekil 1.44: SSI yapısı

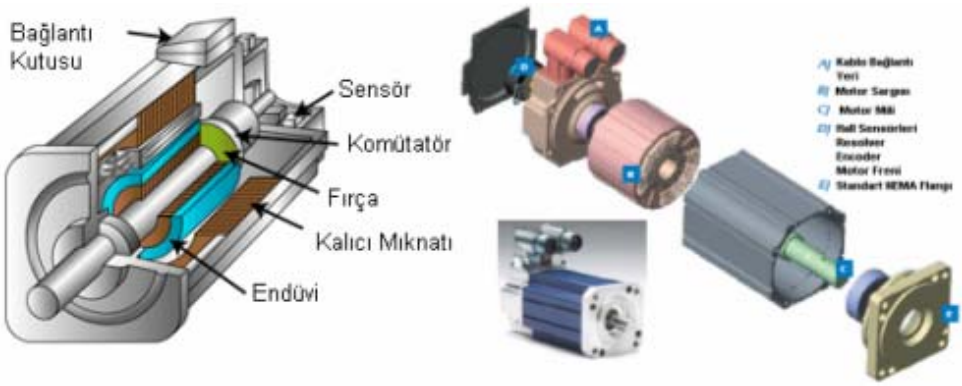
Bazı encoderlarda çıkış sinyallerinin tersi de verilmektedir. Böylece veri kontrolü daha sağlam yapılabilmektedir.



Şekil 1.45: Encoderın tersinir çıkışı

1.4. DC Servomotorun Yapısı

Daha önce de söylendiği gibi DC servomotor, geribesleme ünitesine sahip DC motordur. Motor mili kendisine gönderilen kodlu sinyale göre konumlanır. Motora giriş değiştikçe motor milinin konumu da değişir.



Şekil 1.46: DC servomotorun yapısı

Servomotorun üstünlüklerini şöyle sıralayabiliriz:

- Elektrik kesildiğinde dinamik olarak durdurmak mümkündür.
- Servosürücüsü basit bir yapıya sahiptir.
- Düşük kapasitelilerin fiyatı ucuzdur.
- Yüksek güç oranı

Mahsurları ise şunlardır:

- Komütatörün bakımının düzenli olarak yapılması gerekir.
- Fırçalarında sürtünmesinden oluşan toz nedeniyle temiz alanlarda kullanılamaz.
- Komütatörlü olmasından dolayı yüksek hız ve yüksek Tork sağlanamaz.

DC servomotor seçerken;

- Milin dönme hızı,
- Terminal gerilimi,
- Daimî akım,
- Daimî tork,
- Daimî çıkış gücü,

gibi değerler önemli yer tutar. Kataloglarda verilen mil hızı ideal çalışma gerilimindeki yüksüz hızdır. Yük altında hız bir miktar düşer. Bu durum *Öğrenme Faaliyeti 2, Şekil 2.6'* da açıklanacağı için burada açıklanmayacaktır. Terminal gerilimi motorun çalışma gerilimidir. Daimî akım, motor sargılarına aşırı ısınmaya sebep olmaksızın azami çalışma akımıdır. Daimî tork, normal koşullarda motor milinin verdiği döndürme momentidir. Motor tarafından sağlanan mekaniksel güç daimî çıkış gücüdür.

Servomotor kontrol devreleri servomotor sürücüleri olarak anılırlar. Sürücüler motor çeşidi ve gücüne bağlı olarak farklı yapıdadır. Bunlardan en önemlisi motoru sürecek olan gerilimin büyüklüğüdür. Fırçalı DC servomotorda tek faz, fırçasız DC servomotorda üç fazın yanında rotoru zamanında uyarmak için alan etkili sensörler de kontrol edilir.

Servomotor sürücüleri çeşitli ebatlarda saç kutu içinde, motor durumunu gösteren göstergeleri olan, otomatik ya da elle motor sürmeye olanak veren cihazlardır.

Şekil 1.47: Servosürücüler

Her servosürücünün ortak özellikleri şunlardır:

- 1 ya da 2 eksen
- 5 amp daimî akım
- 50V ve 100V gerilim
- 500 Watt her bir eksen iç daimî güç
- Standart 10 VDC giriş sinyal komutu
- Hız/Tork modlu çalışma

Aşağıdaki şekillerde Baldor firmasına ait DC servomotor ve servomotorlara ait katolog bilgileri görülmektedir.

Şekil 1.48: DC Servomotor

Motor	Torque at low speed M_0 (N.m)	Permanent current at low speed I_0 (A)	Rated voltage U (V)	Rated speed N (rpm)	Rotor Inertia J ($kgm^2.10^{-5}$)
Motor	Düşük Hızda Üretilen Tork M_0 (N.m)	Düşük Hızda Çekilen Akım I0 (A)	Çalışma (Anma) Gerilimi(U) (V)	Çalışma Hızı N (dev/dak)	Rotor Ataleti J ($kgm^2.10^{-5}$)
RX120L	0.285	2.8	44.5	3000	5
RX330C	1.54	9.4	59	2900	72
RX630E	7.8	16	134	2400	500

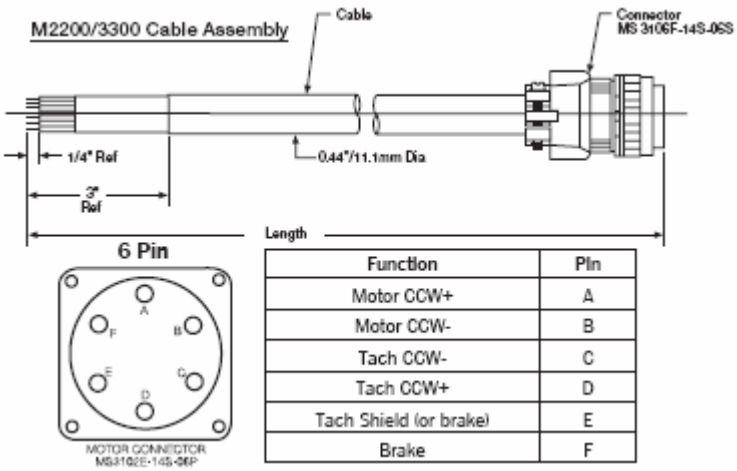
Tablo 1.9: Motor tork değerleri

Tachy (Tachometer)			Brake (24Vdc ±10%) (Fren)			
Associated Motor	Type	EMF (V/1000 rpm)	Holding Torque (Nm) at 20^0C	at 100^0C	Inertia ($kgm^2.10^{-5}$)	Weight (kg)
İlişkili Motor	Tip	Zıt EMK	Tutma Torku $20\ ^0$C	$100\ ^0$C	Atalet	Ağırlık
RX1	TBN 206	6	1	0.9	1	0.4
RX6	TBN 306	6	12	11.5	15.7	0.9

Tablo 1.10: Takometre ve fren seçenekleri

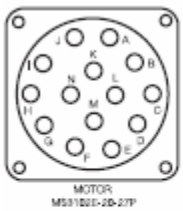
Encoder					
Type	Associated Motor	Pulse Per Rev. StandartOption		Inertia ($kgm^2.10^{-5}$)	Weight (kg)
Tip	İlişkili Motor	1 devirdeki Pals Standart	Tercihli	Atalet	Ağırlık
K10	RX1/RX3	500	250	0.03	0.07
C68	RX5-RX6	500-1000	2500-5000	0.3	0.45

Tablo 1.11: Motordaki encoder özellikleri



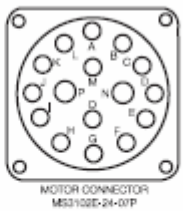
Şekil 1.49: Takometreli motor bağlantı kablosu

14 Pin



Function	Pin
Channel Z	D
Channel B	E
Common	F
Channel A	G
Channel B	J
Channel Z	L
+5 VDC	M
Channel A	N

16 Pin

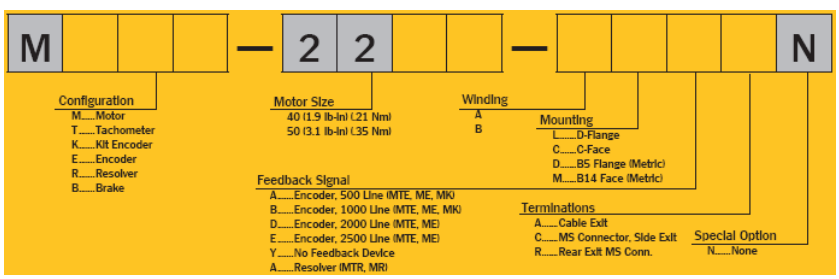


Function	Pin
Channel A	A
Channel A	B
Channel B	C
Channel B	D
Channel Z	E
Channel Z	F
(Brake)	G
+5 VDC	H
Common	I
(Brake)	J
Encoder Shield	K
Tach Shield	L
Tach CCW+	M
Motor CCW-	N
Tach CCW-	O
Motor CCW+	P

Şekil 1.50: Encoderlı motor bağlantı kablosu

BALDOR firmasına ait fırçasız DC motorun seçim usulü Şekil 1.51'de görülmektedir.

Buna göre; MTE - 2250 – BLBCN ifadesiyle seçilen bir motorda hem takometrenin hem de encoderın olduğu, motorun çapı 50 mm, kare flanşlı ve 1000 çözünürlüklü encoder kullanıldığı görülmektedir



Şekil 1.51: Motor seçim ölçütü

DC servomotorlar durma ve kalkmanın çok hızlı olması gereken yerlerde kullanılır. Gerilim değişimlerinden çok çabuk etkilenmesi için düşük ataletli rotoru ve komut sinyallerine hemen cevap verebilmesi için düşük indüktanslı sargıları vardır.

Fırçasız DC servomotorlar fırçasız DC motordan türetildiği için rotoru meydana getiren sabit mıknatıs, statordaki sargıların ürettiği manyetik alanı izler.

Disk sürücüler bir servosürücü barındırır. Mevcut hızı ölçerek istenen hızla karşılaştırır. Karşılaştırma sonucuna göre hızı artırır ya da azaltır. Motora gerilim, PWM metoduyla verilir.

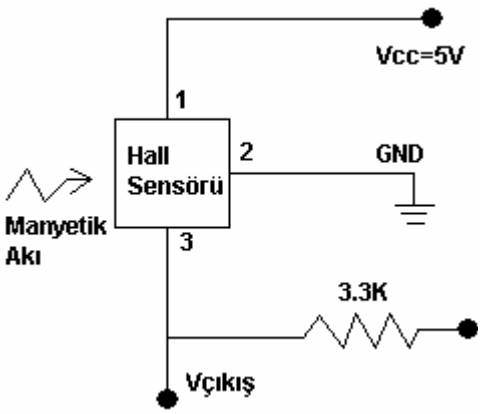
UYGULAMA FAALİYETİ

1.5. Uygulama Faaliyeti -1

➢ **Alan etkili sensör uygulaması**

Bu uygulama için Panasonic'in DN6848, Allegro'nun 3177 sensörünü kullanabilirsiniz. Hiçbirini bulamazsanız eski bir işlemci fanından sökebilirsiniz.

➢ Aşağıdaki devreyi breadboard üzerine kurunuz.



- Çıkışı ölçü aletine bağlayınız. Sensörün üst kısmına çubuk şeklinde bir mıknatısı yaklaştırıp uzaklaştırnız. Hall sensörü mıkantısın S kutbu ile çalışır. S kutbu yaklaştığında çıkış geriliminin 0V, uzaklaştığında 5V olduğunu görünüz.

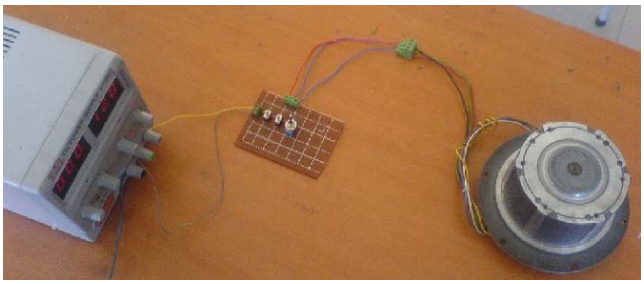
- Osiloskobun dikey ölçeğini 5 volts/division bölmesine ayarlayın. Sensörün çıkışını ve toprağını problara bağlarak çıkış gerilimini gözleyiniz.

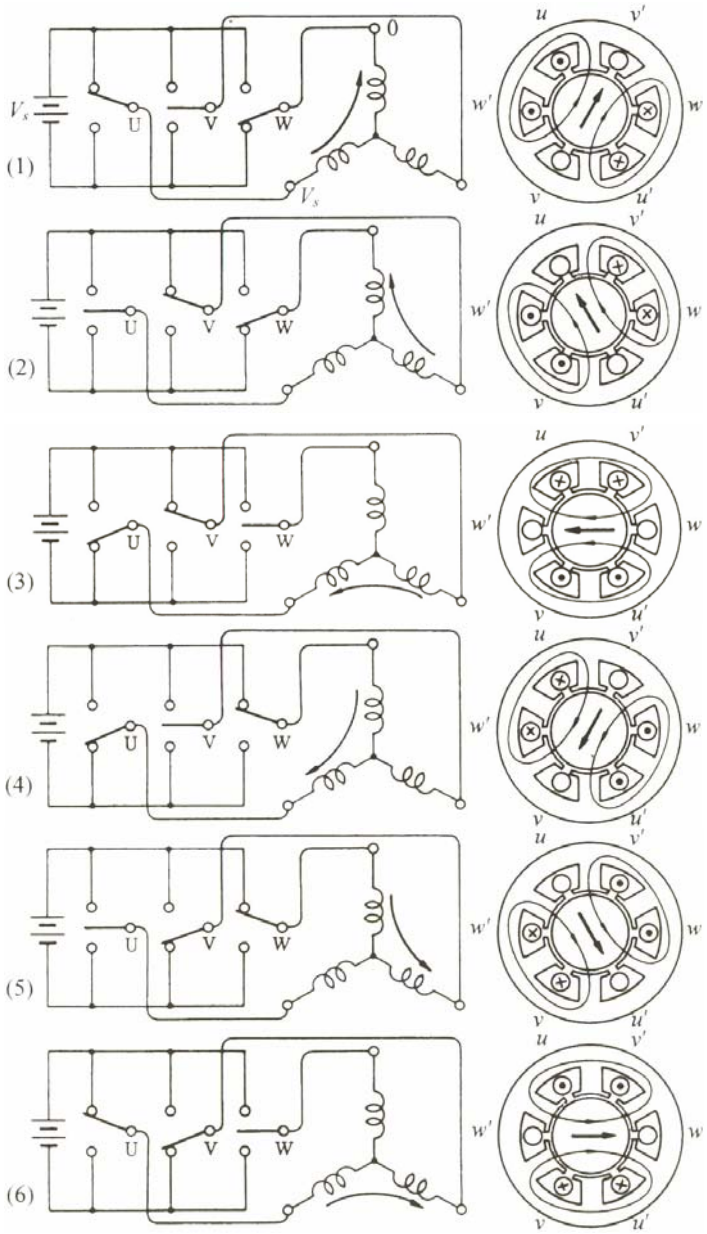
1.6. Uygulama Faaliyeti -2

➢ Üç konumlu üç anahtarla şekilde görülen devreyi kurunuz.

Burada üç fazlı motorun sargısı Y biçimlidir. Manyetik alan dağılımı motor timsalinde, anahtarların konumuna göre adım adım gösterilmiştir.

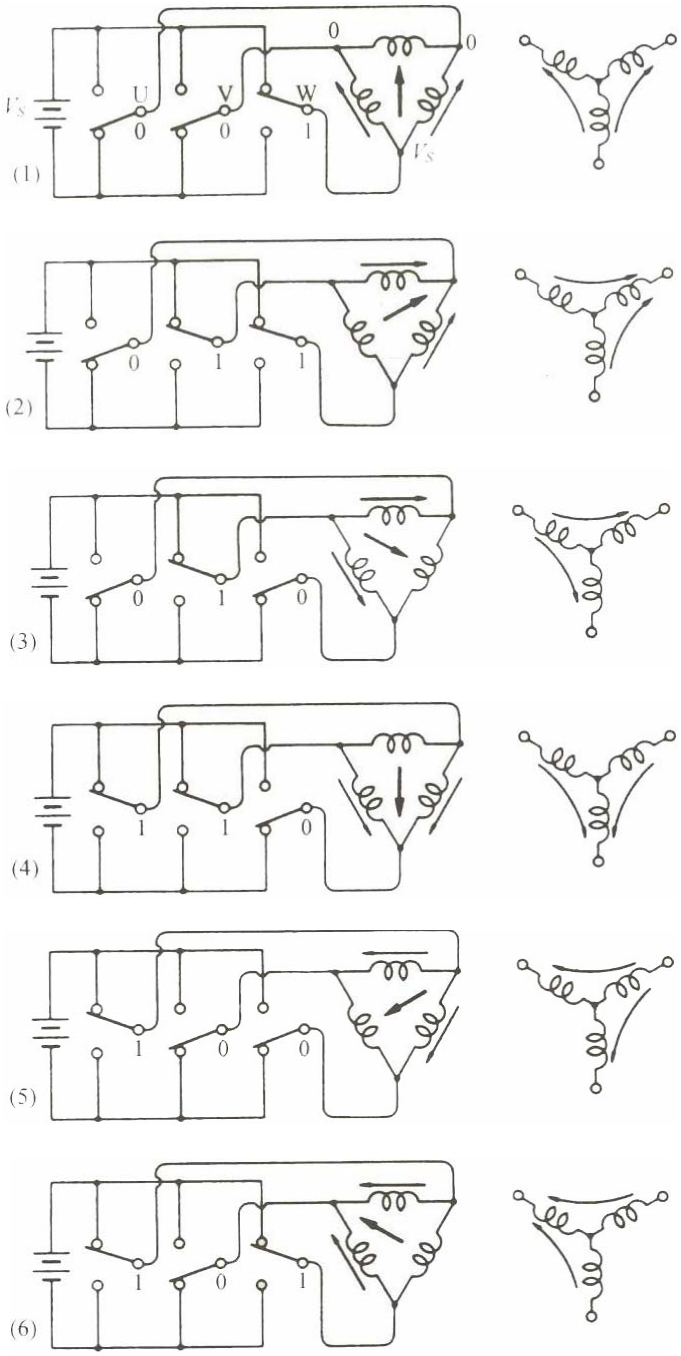
Elinizdeki motor, üçgen bağlantılı ise bir sonraki uygulama faaliyetini gerçekleştiriniz.





1.7. Uygulama Faaliyeti -3

- Üçgen sargılı motorun düğmelerle döndürülmesi için aşağıdaki devreyi kurunuz.



1.8. Uygulama Faaliyeti-4

- **DC servomotora bağlı takometrenin gerilim seviyesinin ölçülmesi**

Takometre motor devir sayısına göre gerilim verir. Motorun devri devir ölçen bir aletle ölçülürken voltmetrede takometrenin verdiği gerilim kaydedilir.

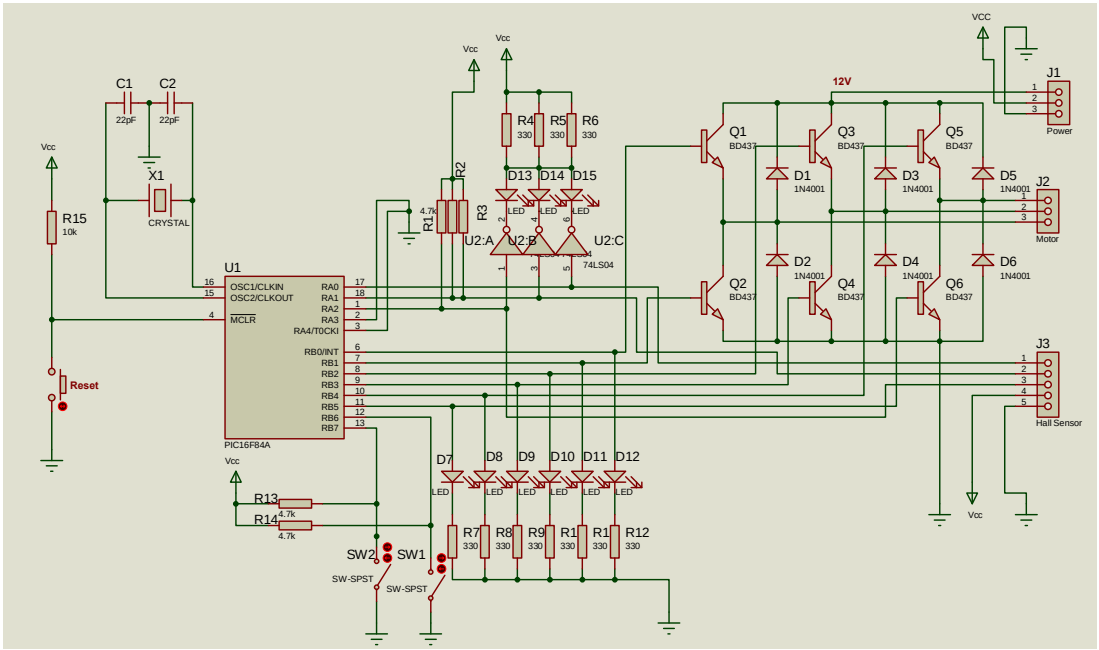
- Motorun döndürülmesi için gerilim uygulayınız.
- Takometreyi morotun devir sayısını ölçecek şekilde konumlandırınız.
- Takometrenin çıkışına voltmetreyi bağlayınız.
- Voltmetreden motor gerilimi değiştirerek gerekli değerleri ölçünüz.
- Aşağıdaki tabloya benzer bir tablo oluşturarak değerleri giriniz.

Besleme Gerilimi	Geri Besleme Gerilimi	Devir (dev/dak)	Boştayken Çektiği Akım(A)
0-2,6	0	0	0,18
4	0,7	188	0,19
5	0,9	257	0,21
6	1,2	319	0,22
7	1,4	383	0,25
8	1,6	440	0,27
9	1,8	498	0,29
10	2,1	568	0,3
11	2,3	626	0,33
14	3,1	823	0,39
15	3,3	886	0,41
16	3,6	951	0,43
19	4,3	1148	0,49
20	4,5	1213	0,51
24	5,5	1467	0,6
25	5,7	1530	0,61
26	5,9	1600	0,64
27	6,2	1673	0,66
28	6,4	1734	0,69
29	6,7	1800	0,72
30	6,9	1866	0,74

1.9. Uygulama Faaliyeti -5

Fırçasız DC motorun PIC16F84 ile denetlenmesi

- Aşağıdaki malzemeleri temin ederek devreyi kurunuz.



➢ Aşağıdaki programı yazınız. Derleyip PİC programlayıcı ile entegreye yükleyiniz.

```
LIST    P=16F84,F=INHX8M,R=DEC

ORG     0

PORTA   EQU     5
PORTB   EQU     6
STATUS  EQU     3
TRISA   EQU     H'85'
TRISB   EQU     H'86'

START

        CLRF    PORTB
        BSF     STATUS,5
        MOVLW   B'11111'
        MOVWF   TRISA
        MOVLW   B'11000000'
        MOVWF   TRISB
        BCF     STATUS,5
```

```
MAIN
        BTFSS PORTB,6
        GOTO  STOP
        BTFSS PORTB,7
        GOTO  CCW
CW
        MOVF  PORTA,W
        ANDLW         H'07'
        SUBLW         1
        BTFSC STATUS,2
        GOTO  H21
        MOVF  PORTA,W
        ANDLW         H'07'
        SUBLW         3
        BTFSC STATUS,2
        GOTO  H18
        MOVF  PORTA,W
        ANDLW         H'07'
        SUBLW         5
        BTFSC STATUS,2
        GOTO  H12
        GOTO  MAIN
CCW
        COMF  PORTA,W
        ANDLW         H'07'
        SUBLW         1
        BTFSC STATUS,2
        GOTO  H21
        COMF  PORTA,W
        ANDLW         H'07'
        SUBLW         2
        BTFSC STATUS,2
        GOTO  H06
        COMF  PORTA,W
        ANDLW         H'07'
        SUBLW         3
        BTFSC STATUS,2
        GOTO  H24
        COMF  PORTA,W
        ANDLW         H'07'
```

```
        SUBLW   4
        BTFSC STATUS,2
        GOTO  H18
        COMF  PORTA,W
        ANDLW   H'07'
        SUBLW   6
        BTFSC STATUS,2
        GOTO  H12
        GOTO  MAIN
H21
        MOVLW   H'21'
        MOVWF   PORTB
        GOTO  MAIN

H06
        MOVLW   H'21'
        MOVWF   PORTB
        GOTO  MAIN
H24
        MOVLW   H'24'
        MOVWF   PORTB
        GOTO  MAIN
H18
        MOVWF   H'18'
        MOVWF   PORTB
        GOTO  MAIN
H09
        MOVLW   H'09'
        POVWF   PORTB
        GOTO  MAIN
H12
        MOVLW   H'12'
        MOVWF   PORTB
        GOTO  MAIN
STOP
        MOVLW   H'24'
        MOVWF   PORTB
        GOTO  MAIN
        END
```

1.10. Uygulama Faaliyeti -6

- **Artımlı encoderın çıkışlarının izlenmesi**

Artımlı encoderın A, B ve Z sinyal çıkışlarının izlenebilmesi için 100 pals/devir çözünürlüğünde bir encoder kullanılacaktır. Autonics firmasına ait E50S8-100-3-1-24 seri numaralı encoderın katolog bilgilerini kısaca inceleyelim.

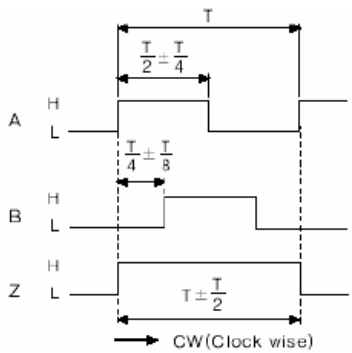
Besleme Gerilimi 5 VDC, 12-24VDC

Sipariş Bilgisi:

E50S	8	— 5000	— 3	— 2	— 24
Series	Shaft diameter	Pulse/1Revolution	Output phase	Output	Power supply
Diameter ø 50mm, shaft type	ø 8mm	See resolution	2 : A, B 3 : A, B, Z (Standard) 4 : A, $\overline{A}$, B, $\overline{B}$ 6 : A, $\overline{A}$, B, $\overline{B}$, Z, $\overline{Z}$	1:Totem pole output 2:NPN open collector output 3:Voltage output L:Line driver output(*)	5 : 5VDC ±5% 24 : 12-24VDC ±5%

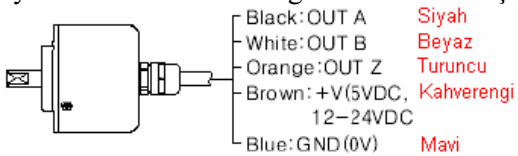
Buna göre bizim encoder 100 pals/devir çözünürlüklü A, B, Z çıkışlı, totem direği çıkışlı ve 12-24 gerilimle beslenen bir encoderdır.

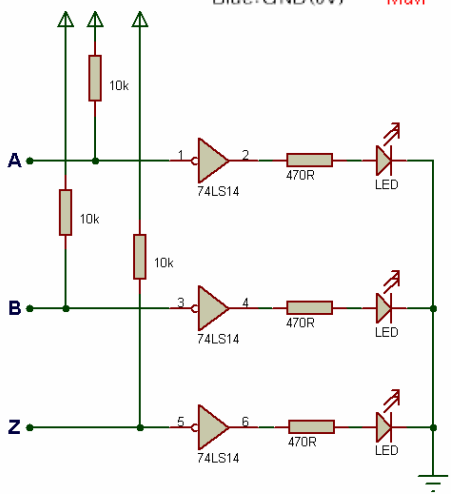
Encoderın çıkış dalga şekli:



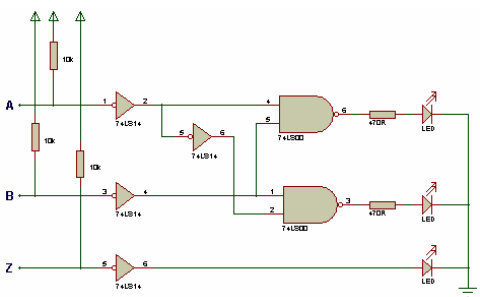
İşlem Basamakları

- Aşağıda detayları belirtilen kablo bağlantılarını devre şemasına göre yapınız.





Encoderı sağa ve sola çevirerek ledlerin durumunu gözleyiniz.



ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz. Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi motordan gelen hız bilgisini değerlendirerek motoru süren elemanları barındırır?

A) Servosürücü **B)** Servomotor
C) Mikroişlemci **D)** Mikrodenetleyici

2. Aşağıdakilerden hangisi fırçasız DC motorlardan **değildir?**

A) Step motor **B)** Brushless DC motor
C) Indüksiyon motoru **D)** Klasik DC motor

3. Fırçasız DC motorlarda rotorun konumunu algılamak için hangi sensör kullanılır?

A) Mutlak encoder **B)** Hall sensörü
C) Artımlı encoder **D)** Takometre

4. Ağadakilerden hangisi manyetik esasa göre çalışan sensördür?

A) Mutlak encoder **B)** Hall sensörü
C) Artımlı encoder **D)** Takometre

5. Ağadakilerden hangisi DC servomotor seçerken dikkat edilecek hususlar arasında yer **almaz?**

A) Milin dönme dızı **B)** Daimî akım
C) Azami tork **D)** Daimî çıkış gücü

6. Ağadakilerden hangisi fırçasız DC motorun elemanlarından **değildir?**

A) Komütatör **B)** Sensör
C) Kama **D)** Encoder

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınız tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

A.C. Servomotoru teknik özelliklerine uygun olarak çalıştırabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- AC motorların çalışma prensiplerini araştırınız.

2. AC SERVOMOTORLAR

Motor kontrol, otomasyon sistemlerinin en önemli konularından birisidir. Üretim ya da taşıma, kaldırma gibi işlemler süresince belirli özel noktalar arasında çeşitli hareketlere ihtiyaç duyulur. Bu hareketler hidrolik, pnömatik ya da elektrik motorları ile sağlanır.

AC servomotorala ya tek fazlı ya da üç fazlıdır. Küçük işlerde kullanılan motorlar tek fazlıdır. Yani tek bir sinüs dalgası ile sürülürler. Üç faz, birbirinden 120^0 faz farklı ardışık üç sinus dalgası ile sürülürler ve yüksek güç gerektiren ve dönmede düzgünlük aranan yerlerde kullanılır.

Genel kullanım olarak 2 çeşit servomotor kullanılmaktadır. Bunlardan birisi senkron motor (SM), diğeri indüksiyonlu motordur (IM).

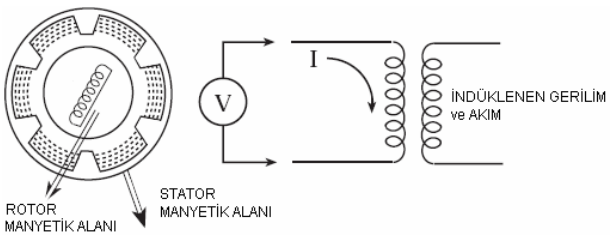
Servomotorlara başlamadan önce bu AC motorları kısaca hatırlayalım.

2.1. İndüksiyon Motorlar

Elektrik motor tasarımı manyetik alan içindeki iletkenlerin yerleşimine dayanır. Motor sargısı birçok iletkenden meydana gelir. Sargı tarafından oluşturulan kuvvet sargıdan geçen akıma ve manyetik alan şiddetine bağlıdır. Sargıdan ne kadar çok akım geçerse o kadar çok kuvvet(tork) elde edilir. Aslında iki manyetik alanın etkileşimi harekete sebep olur.

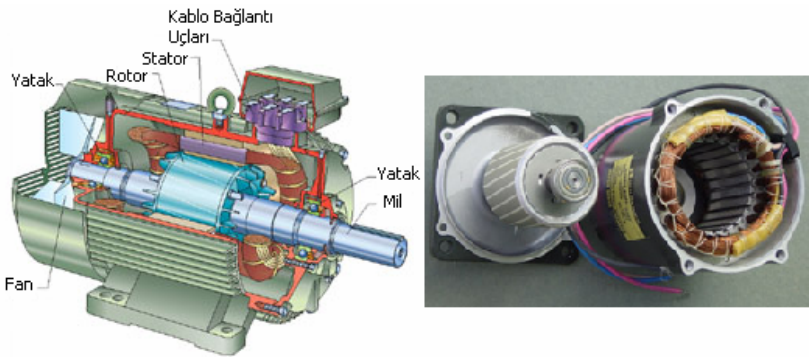
İndüksiyon motoru, döner bri transformatör olarak kabul edilebilirse anlaşılması daha kolay olacaktır. Transformatörün birincil sargısına gerilim uygulanırsa sargılardan bir akım akar ve ikincil sargıda bir gerilim indüklenir. Birincil sargı indüksiyon motorunun statoru, ikincil sargısı ise rotorudur. Bir manyetik alan statorda meydana getirilir ve ikinci manyetik alan rotorda indüklenir. Bu iki manyetik alanın etkileşimi hareket olarak görünür. Stator

etrafında dönen manyetik alanın hızı rotor hızını belirlemektedir. Stator etrafında devr-i daim eden manyetik alanın hızı rotorun hızını belirleyecektir. Rotor, statorun hızında dönmeye çalışacaktır ama özellikle motora yük yüklendiğinde iki hız arasında fark olacaktır. Teorik olarak rotor hızının stator hızına eşitlendiği hıza senkron hız denir. İndüksiyon motorlarında rotor, gecikmeli olarak statorun manyetik alan hızını takip ettiğinden bu motorlara asenkron motor da denir.



Şekil 2.1: İndüksiyon motorunun prensibi

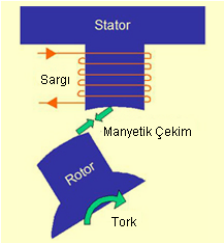
İndüksiyon motorunun rotoru, çevresinde boyuna yarıklar açılan çelik saç paketlerinin sıkıştırılmasından oluşur. Rotor üzerindeki yarıklara bakır ya da alüminyumdan çubuklar yerleştirilerek çubuklar bir halka ile kısa devre edilir. Rotor bu yapısıyla bir sincap kafesine benzemektedir.



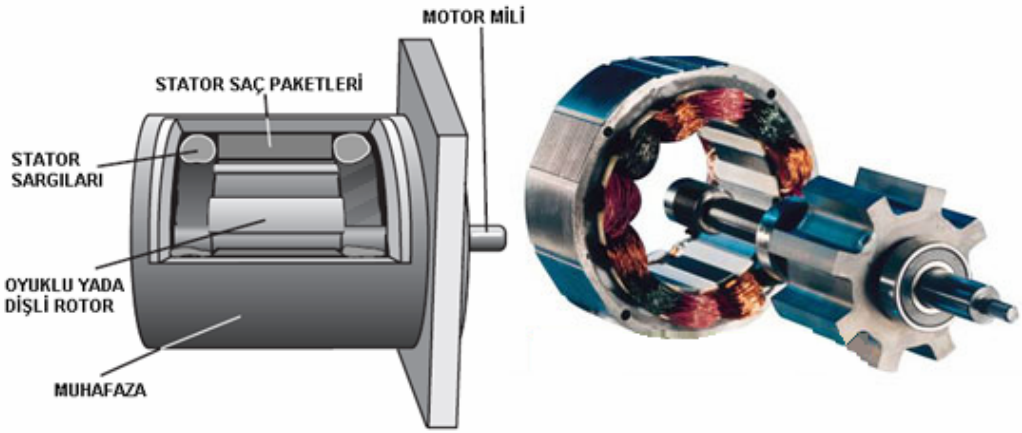
Şekil 2.2: İndüksiyon motoru

2.2. Senkron Motor

Senkron motor, indüksiyon motoru ile temelde aynı yapıda olmasına rağmen rotorunda az bir farklılık vardır. Rotor yapısı bu motor milinin statorun manyetik alanı ile aynı hızda (eş zamanlı, senkron) dönmesi sağlar. Rotor çevresinde oyuk ve dişler vardır. Oyukların sayısı stator kutup sayıları ile prantılıdır. Çoğu zaman oyuk ya da dişlere çıkıntılı kutup olarak anılır. Bu çıkıntılar manyetik alan kısa bir yol oluşturarak rotorun stator ile hemen aynı hizaya gelmesini ve manyetik alanla aynı hızda dönmesini sağlar.



Şekil 2.3: Senkron motorunun prensibi



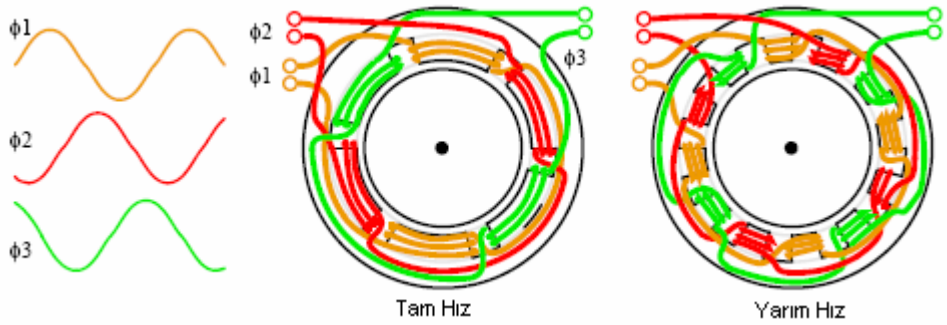
Şekil 2.4: Senkron motor

Her ne kadar rotor ile statorun manyetik alanı aynı hızda denilse de hakikatte ikisi arasında çok az bir fark vardır. Rotor stator alanını küçük bir farkla arkadan takip eder. Yük arttıkça bu fark da büyür.

2.3. AC Motorların Devir Ayarı

2.3.1. Klasik Devir Ayarı

AC motorlar, şebekeden beslenerek sabit hızda çalıştırılırlar. Motor hızının değişimi ya kutup sayısının değişimiyle ya da besleme frekansının değiştirilmesi ile sağlanır. Stator kutup sayısını ikiye katlama, senkron hızı yarıya düşürür. Fiziki olarak kutup sayısının değişimi mümkün olmadığından ayarlanabilir hız ihtiyacının karşılanabilmesi için mikroişlemci tabanlı denetleyiciler geliştirilmiştir. Matkap tezgâhlarında olduğu gibi iki kademeli hızı ayarlanabilen AC motorlarda yardımcı sargı vardır.



Şekil 2.5: Stator Kutup sayısını ikiye katlama

AC motorun senkron hızı:

$$N_s = \frac{120 \text{ x } f}{p}$$

formülü ile verilir. Burada:

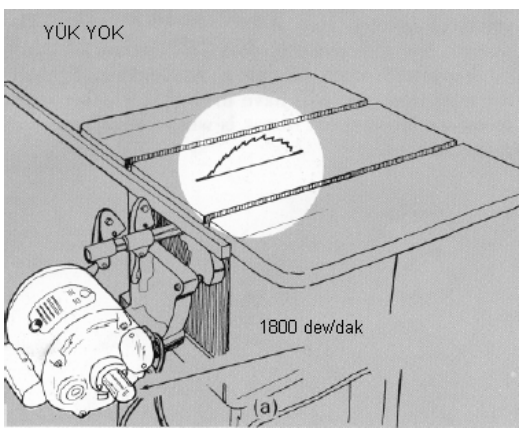
N_s : Senkron hız, dev/dak

f : Uygulana gerilim frekansı, Hz, Türkiye için 50 Hz

p : Her faz için kutup sayısı

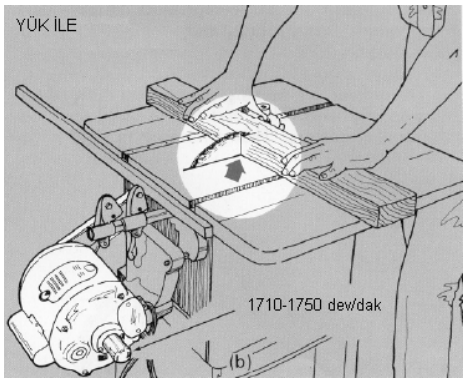
Örneğin, Şekil 2.5(a)'da görülen 3 fazlı motorda, her faz iki kutuptan oluştuğundan devir sayısı 3000, (b)'de görülen motorda her faz için 4 kutup olduğundan devir sayısı 1500 dir.

AC motorların hızları ile bilinmesi gereken bir nokta kataloglarda verilen motor hızı, yüksüz ortamdaki hızdır ve yük altında bir miktar düşer. Şekil 2.6'da görülen tepsi testere, iyi kurulmuş bir kayış kasnakla motorun teorik hızında döner.



Şekil 2.6: Teorik dönme hızı

Yük altında motorun devri düşer. Bu anda elde edilen devir motorun anma ya da çalışma devridir.



Şekil 2.7: Anma hızı

Mikroişlemci tabanlı hız kontrolü, vektör tabanlı ve faz açısının kontrolü (değişken gerilim, değişken frekans) olmak üzere iki metoda dayanır. Faz açısının kontrolü daha yaygındır. Devir ayarı için "inverter" denilen hız ayarlayıcılar kullanılır.

2.3.2. İnverter ile Hız Ayarı

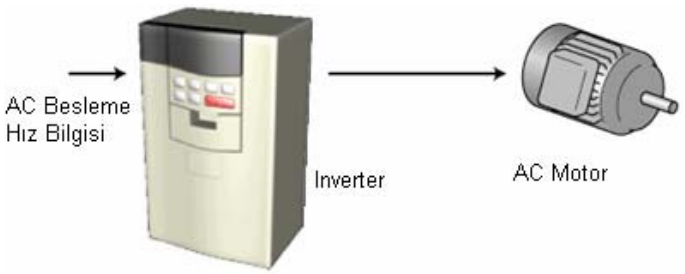
Son zamanlarda geliştirilen elektrikli ev aletlerinde ve ambalaj/paketleme, yatay malzeme taşıma gibi endüstriyel ürünlerde inverter, yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, çoğu klimada inverter mevcuttur. Klimalarda güç elemanı olarak motor kullanılır. Odanın istenen ortalma sıcaklığı klimada ayarlanır. Eğer klima, Aç–Kapa (On-Off) esasına göre çalışacaksa (klima tam güçte çalışacak ya da hiç çalışmayacak) Şekil 2.8'de görülen problem ortaya çıkacaktır.

Şekil 2.8: ON-OFF çalışma durumu

Eğer klimanın motoru istenilen hızda serbestçe çalışabilirse ayarlanan sıcaklık değeri her zaman sabit kalacaktır.

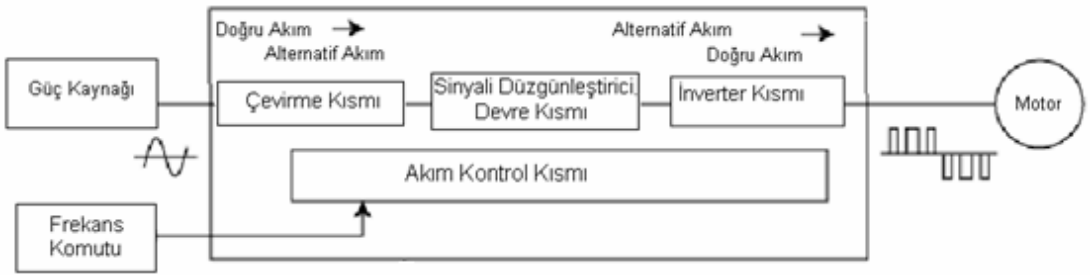
Şekil 2.9: Inverterli klima

İnverter; bir motorun hızını belirli frekans aralıklarında (Örneğin, 0.5 … 320 Hz) ayarlayabilen bir cihazdır.



Şekil 2.10: İnverterli motor

İnverterin yapısı Şekil 2.11'de görülmektedir.



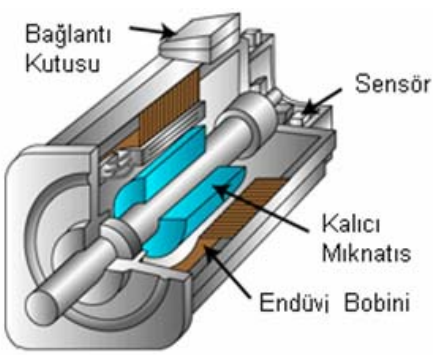
Şekil 2.11: İnverterin temel yapısı

Her bölüm aşağıdaki şekilde görev üstlenir.

Çevirici kısım : Şehir şebekesinden gelen AC akım, DC akıma çevrilir.
Akım düzenleyici kısım : DC akımdaki dalgalanmaları düzenler.
İnverter kısım : DC akım kaynağı alternatif akım kaynağına çevrilir. Bu işlem yapılırken oluşturulacak yeni AC akımın değişken frekansı burada düzenlenir.
Akım kontrol kısmı : Motor hızı temel olarak bu bölümden kontrol edilir.

2.4. AC Servomotor Çeşitleri

Daha önceki bahislerde de söylendiği gibi servomotorlarda rotor mili klasik motorlara göre ince ve uzun yapılır. SM ve IM tipli olarak iki çeşidi vardır. Motorun devir, konum ve tork kontrolününün önemli olduğu yerlerde servomotorları kullanmak kaçınılmazdır.



Şekil 2.12: AC servomotor (SM tipi)

➢ **SM tipi motorun faydaları**

- Bakımları masrafsızdır.
- Kötü çevre koşullarında kullanılabilir.
- Büyük tork istenilen yerlerde kullanılır.
- Elektrik gücü kesildiğinde dinamik olarak frenlemek mümkündür.
- Boyutları küçük ve hafiftir.

➢ **SM tipi motorun mahzurları**

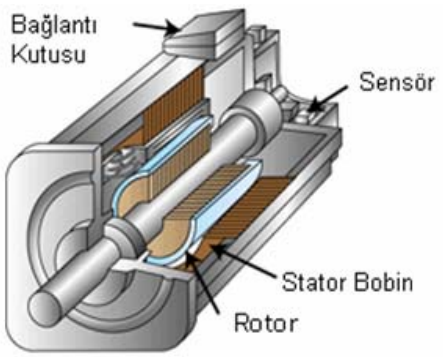
- Servo amplifikatör DC motordan daha karışık bir yapıya sahiptir.
- Her motora karşılık bir servo amplifikatör gereklidir.

➢ **IM tipi motorun faydaları**

- Elektrik güçü kesildiğinde dinamik olarak durdurmak mümkündür.
- Servo amp basit bir yapıya sahiptir.
- Düşük kapasitelilerin fiyatı ucuzdur.
- Yüksek güç oranı

➢ **IM tipi motorun mahzurları**

- Komitatörünün bakımının düzenli olarak yapılması gerekir.
- Fırçalarında sürtünmesinden oluşan toz nedeniyle temiz alanlarda kullanılamaz.
- Komitatörlü olmasından dolayı yüksek hız ve yüksek tork sağlanamaz.



Şekil 2.13: AC servomotor (IM type)

Şekil 2.14: AC servomotor

Fabrika Otomasyon (FO) sisteminde genelde küçük ve orta büyüklükte servomotorlara ihtiyaç duyulur. Aşağıdaki sebeplerden dolayı SM tip AC servomotor en yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bakım yapmak kolay	DC servomotor için komütatörün bakımının düzenli olarak yapılması gerekir.
Çevresel	Fırçalarda oluşan sürtünmeden ortaya çıkan tozdan dolayı DC servomotor temiz koşullarda çalışılması gereken yerlerde kullanılamaz.
Elektrik kesildiğinde dinamik durdurma	AC servomotorda sabit mıktanıs olmamasından dolayı elektrik gücünün kesilmesi ile birlikte dinamik durdurma yapılamamaktadır.

Büyük kapasiteli işlerde, IM tipinde AC servomotor.(Kapasite 7.5 kW'tan fazla) kullanılır

Büyük kapasiteli motorlarda yüksek hız, büyük tork ve yüksek verimlilik istenildiğinden yapıları daha karışık olur. Ancak son zamanlarda IM tipindeki AC servomotorlar yerine vektör kontrollü servomotorlar geliştirilmiştir.

Motor kontrolü için düşünülmesi gereken birkaç unsur vardır. Bunlar; pozisyon kontrolü, hız kontrolü ve tork kontrolü gibi parametrelerdir.

AC servomotorlar ya tek fazlı ya da üç fazlıdır.

Servomotorların katologları incelendiğinde geniş bir parametre yapısının olduğu görülür. Motor seçerken tüm bu katolog değerlerinin ayrı ayrı etüd edilmesi gerekir. Tablo 2.1'de Moda firmasına ait bir katologdan alıntılar yapılmıştır. Katologun orjinal metnine ilaveler yapılmıştır.

Moda AC Servomotor

Servomotor specifications:		Servomotor ayrıntıları			
		5CB12	8CB75	3MB150C	3MB300B
Rated Power (W)	Çalışma Gücü(W)	120W	750W	1500W	3000W
Matched Drıver	Uygun Sürücü	TSDA15B	TSDA20B	TSDA50C	TSDA50C
Rated Torque (Kg-cm)	Çalışma (anma) Torku (kg-cm)	3.82	23.9	47.8	143.3
Peak Torque (Kg-cm)	Tepe Torku (kg-cm)	11.5	71.6	143.3	429.6
Rated Speed (RPM)	Çalışma Hızı(dev/dak)	3000	3000	3000	2000
Rated Current (A)	Çalışma Akımı(A)	2.2	3.40	7.06	14.0
Peak Current (A)	Tepe Akımı (A)	6.6	10.2	21.2	42.0
Kt (NM/A)	Kt Katsayısı (Nm/A)	0.19	0.78	0.74	1.13
Ke Vrms/1000RPM	Ke Katsayısı (V/1000devir/dak)	20.2	81.4	77.5	118.3
Winding Resistance (OHM	Sargı Direnci (Ohm)	6.03	3.27	0.98	0.50
Winding Inductance (mH)	Sargı Endüktansı (mH)	4.68	10.2	5.37	3.54
Rotor Inertia (Kg-cm^2)	Rotor Eylemsizlik Momenti (kg-cm^2)	0.127	2.45	6.37	18.03
Encoder (ppr)	Encoder (pals/tur)	2000	2500	2500	2500
Weight (Kgf)	Ağırlık (kgf)	0.89	3.41	6.6	14
Environment Temperature	Çevresel Sıcaklık (^{0}C)	0-40 degreeC			
Dimension and Cable definition	Boyut ve Kablo Tanımı	5CB12 5CB12B	8CB75 8CB75B	MB Series	MB Series
Optional Brake / Tercihli Fren — Rated voltage	Çalışma Gerilimi	DC 24V			
Static friction torque (Kg-cm)	Statik Sürtünme Torku (Kg-cm)	2.94	23.5	80	150
Inertial (kg-cm^2)	Eylemsizlik Momenti (kg-cm^2)	0.02	0.225	0.675	0.725
Rated current (A)	Çalışma Akımı (A)	0.29	0.44	0.58	0.59
Weight (kgf)	Ağırlık (kgf)	0.23	1.94	1.2	1.2

*1kg=2.2046lb=35.274oz
*1N=0.102kg=102g=0.2248lb=3.5968oz
*1Nm=0.738lb-ft=141.61oz-in=1.02x10^{4}g-cm
*1kg-m^2=1.02x10^{4}gm-cm-sec^2=23.73lb-ft^2=0.737ft-lb-sec^2=5.467x10^{4}oz-in^2=141.7oz-in-sec^2

Tablo 2.1: Servomotor katalogu

Buna göre **5CB12** servomotoru için gerekli olan sürücü **TSDA15B** modelidir.

Servomotorlarla ilgili terimler katoloğlarda az da olsa farklılık göstermektedir. Şimdi yukarıda tabloda yazan bazı ifadeleri, farklı adlandırmaları da dikkate alarak açıklayalım.

Terim	Term	Timsal	Unit	Birim	Açıklama
Çalışma Gücü	Rated Power Rated Output	P_R	W	W	Motor, uygun çalışma sıcaklığında ideal çalışma akımıyla çalışırken motor milinden alınan güç
Çalışma Torku	Rated Torque	T_R	kg-cm	kg-cm	İdela çalışma hızı ve çalışma gücünde çalışrken motor milinden alınabilecek döndürme momenti
Çalışma Gerilimi	Rated Voltage	V_R	V	V	Motorun ideal çalışma gerilimi
Çalışma Akımı	Rated Current	I_R	A	A	Motorun normal koşullarda yük altında çektiği akım
Çalışma Hızı	Rated Rotational Frequency (Speed)	N_R	rpm	dev/dak	Motorun ideal çalışma devri.
Tepe Torku (Azami Tork)	Peak(Max) Torque	T_{max}	kg-cm	kg-cm	Normal çalışma sıcaklığında motora anlık olarak verilen azami akımın ürettiği tork
Tepe Akımı	Peak Current		(A)		Motora kısa süreli olmak üzere aniden verilebilecek akım
Güç Oranı	Power Rate	Q	kW-S	kW-S	Motor milinin hızlanması için birim zamanda verilmesi gereken güç miktarı. Sürtünmeler ihmal edilir. Aşağıdaki formülle hesaplanır. $Q = 980x \frac{T_R^{\ 2}\ (kg-cm)}{J_M\ (kg-cm-sn^2)} x10^{-7}$
Tork Katsayısı	Torque Constant	K_T	kg-cm-A (Nm/A)	kg-cm-A (Nm/A)	Birim akım artışında üretilen tork miktarı. $K_T = \frac{1}{2\pi\ x\ 980} \cdot \frac{P}{a} \cdot Z \cdot \phi\ x\ 10^{-4}$ formülü ile hesaplanır. Burada P: Kutup sayısı Z: Rotordaki iletkenlerin sayısı a: Motor tipine bağlı olarak motordaki paralel sargıların sayısı □□: Manyetik akı
Gerilim Katsayısı	Inductive Voltage Constant	K_E	mV.rpm	mV. dev/dak	Üretilen gerilimin devir sayısına oranı. Aşağıdaki formülle hesaplanır. $K_E = \frac{1}{60} \cdot \frac{P}{a} \cdot Z \cdot \phi\ x\ 10^{-8}$
Eylemsizlik Momenti	Rotor Inertia	J_M	kg-cm^2-sec^2	kg-cm^2 - s^2	Rotor milinin eylemsizlik momenti $J_M = \frac{1}{980} \cdot \frac{GD^2}{4}$ formülü ile hesaplanır. Burada G : Rotor milinin ağırlığı (kg) D : Rotor milinin ağırlık merkezinin çapı (cm)

Tablo 2.2: Servomotor terimleri

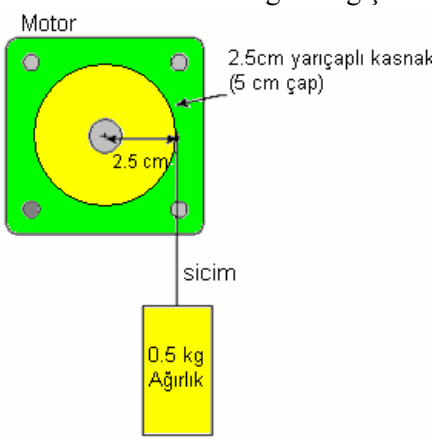
Katologlarda servomotorun döndürme momentine ait değerler olsa da bazen katolog olmadığı durumlarda motorun sağlayacağı moment değerinin bilinmesi gerekir.

2.5. Motor Torkunu Ölçme

Motorların döndürme momentleri(tork) katologlarda yazılıdır. Ama ya bir motorun katalog değerlerine ulaşamazsak motorun momenti ya da gücü nasıl bulunur?

Tork, kuvvetlerin döndürücü tesiridir. Motorun bir cismi hangi kuvvette döndürdüğünü ya da bir cismin motour milini döndürmeye çalışırken motorun göstermiş olduğu dirençtir.

Şekil 2.15, bir motorun torkunu ölçme yöntemlerinden birisini göstermektedir. Eğer motor 0.5 kg'lık bir ağırlığı 2.5 cm yarıçaplı bir bir kasnakla düşürmeden tutabiliyorsa bu motorun torkunun 0.5kg x 2.5cm = 1.25 kg/cm olduğu söylenir. Kaldıraç prensibine göre motor daha az ağırlığı daha büyük yarıçaplı bir kasnakla ya da daha fazla ağırlığı daha küçük yarıçaplı bir kasnakla da tutabilir. Ama moment değeri değişmez.



Şekil 2.15: Tork ölçme

Momenti hız açısından ele almak için DC motorun kasnağına bağlı bir ipe, belli bir ağırlık asalım. Motora ayarlı bir güç kaynağından 24V verelim. Motor çalıştığı zaman bir takometre ile motor hızını ölçelim. Torkun 10 kgcm ve hızın 1000 dev/dak olduğunu kabul edersek motorun gücü:

$$P = T[Nm] \square \omega[rad/sn] = \frac{NxT[kgcm]}{97.4}$$

formülünden

$$P = \frac{1000x10}{97.4} = 102 \text{ W bulunur.}$$

İkinci adımda 48V uygulayalım. Torku ve dönme hızını aynı yolla elde edlim. Torkumuz 10 kg/cm ve ölçülne hız 2000 dev/dak ise güç, 204[W] olacaktır. Böyle bir deney bize, aynı zamanda motora uygulanan gerilim ve akım değerleriyle (dolayısıyla güç) elde edilen tork arasındaki ilişkiyi gösterir. Gerilim arttıkça dönme hızının artması durumunda motor güç değeri bir noktaya kadar artacaktır. Motor içindeki manyetik alanın doyuma ulaştığı noktada gerilim artsa bile motorun vereceği tork artmaz. Sonuç olarak şunu söyleyebiliriz: Herhangi bir devir sayısında motor çalışma torkunu üettiği müddetçe o noktadaki güç motorun ideal gücüdür.

Diğer motorların aksine servomotorlar nadiren sabit bir hızda uzun süre çalıştırılır. Genellikle sık sık tekrarlanan durma ve kalkma gereken yerlerde tercih edilirler. Ani durumlarda çalışma torklarının 3–5 katı kadar bir tepe torku üretebilirler. Buna bağlı oalrak sargılardan dolaşan akım da 3–5 kat artar.

Motor gücü gerilim ve akım değerlerinin çarpımından elde edildiğinden bu güç, tork için harcanır.

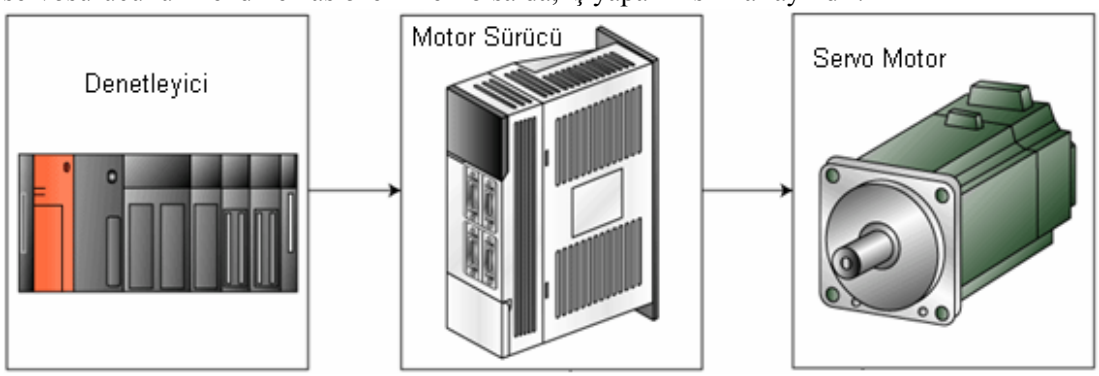
Akım	Gerilim	Güç	Tork
1.00A	10.86v	10.86w	5.15kg-cm
1.20A	13.93v	16.72w	5.55kg-cm

Tablo 2.3: Akım-tork ilişkisi

Motor sargılarındaki iletken telin çapını ölçmek mümkün olursa buradan hareketle de çalışma akımına ulaşılabilir.

2.6. Ac Servosürücüler

Servosürücüler, servomotorun hız, konum ve torkunu kontrol eder. Günümüzde çeşitli firmalar tarafından üretilen çok farklı özellikli servomotor sürücüleri bulunmaktadır. Her servosürücünün kendine has özellikleri olsa da, iş yapan kısımlar aynıdır.



Şekil 2.16: Servo sistem

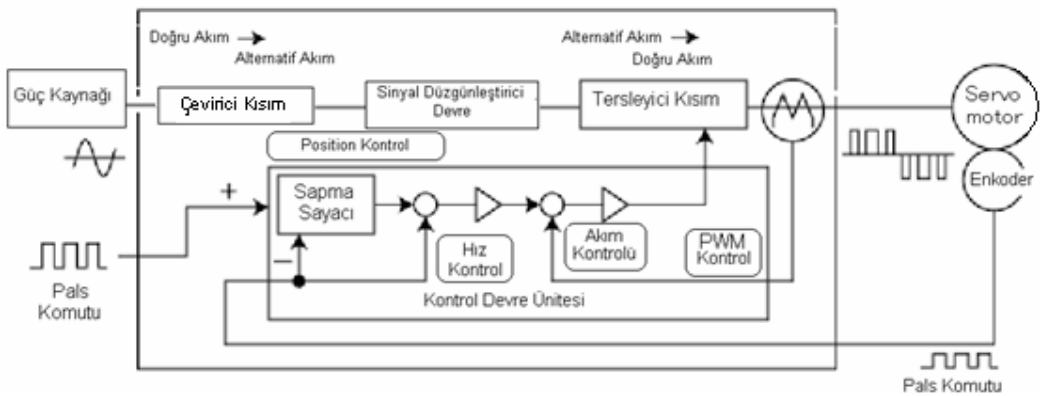
Genel olarak bir servosürücü iki ana kısımdan oluşur.

- Güç kaynağı bölümü
- Motor sürme bölümü

Güç kaynağı bölümü, tipine bağlı olarak bir ya da daha fazla motor için gerekli olan sürücü beslemesini, AC'den Dc'ye çevirme işlemi, servomotor frenleme gerilimini tedarik eder. Motorun durdurulması sırasında, dönme durumundan durma durumuna kadar geçen sürede açığa çıkan enerji, kısa devre edilerek (dinamik durdurma ile) yok edilir. Dolayısıyla motorun durdurma süresi en az indirilebilir.

Motor sürme bölümü ise servomotor hız ve torkunu kontrol eder. Bu kontrol için gerekli elektronik donanımı içerir.

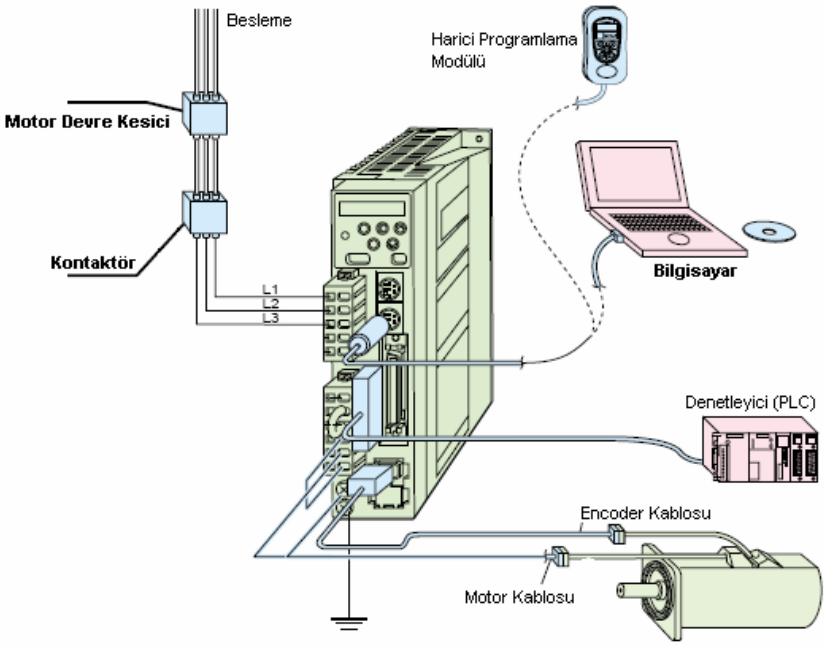
Şekil 2.17'de görülen servosürücüdeki bölümlerin görevleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.17: Servosürücünün yapısı

- **Çevirici (konvertör) bölümü:** Şehir şebekesinden gelen AC akım DC akıma çevrilir. (İnverterde olduğu gibi)
- **Sinyal düzgünleştirici bölüm:** İnverterde olduğu gibi DC akımdaki dalgalanmaları düzenler.
- **İnverter bölümü:** DC akım kaynağı alternatif akım kaynağına çevrilir. Bu işlem yapılırken oluşturulacak yeni AC akımın değişken frekansı burada düzenlenir. Servo sistemde inverterden farklı olarak dinamik durdurma özelliği bu kısma eklenmiştir.
- **Kontrol devre bölümü:** İnverterde ana kontrol bu kısımdan yapılıyordu. Ancak servo da invertere göre bu kısım biraz daha karışıktır. Bu da geri besleme kontrolü ve kontrol modu anahtarı fonksiyonlarına (Akım/Hız/Tork) neden ihtiyaç duyduğumuzu açıklıyor.

Servosürücülerin üzerinde servomotorun test işlemini yapacak bölüm vardır. Yine sürücülerin merkezî bir denetleyiciye bağlanabilmesi için RS 485/RS 232 seri portu mevcuttur. Ayrıca servosürücülerin üzerinde bulunan seri haberleşme kapıları kendilerine özgü haberleşme protokollerine sahiptirler. Günümüzde kullanılan servo sistemler RS 232/ RS 485 seri haberleşme dışında endüstiyel uygulamalarda kullanılan PROFIBUS ve DEVICENET gibi haberleşme protokollerini de desteklerler. Bu haberleşme protokolleri için sürücüye ek bir birime ihtiyaç vardır.



Şekil 2.18: Servomotorun servosürücüye bağlantısı

2.7. Servo ile İnverterin Karşılaştırılması

İnverter ile servo arasındaki temel amaç birbirinden farklıdır. Bunların seçimine motorun sürme şekli, yüklenme şartları ve bu işin maliyetine göre karar verilir.

(Genel karşılaştırma)

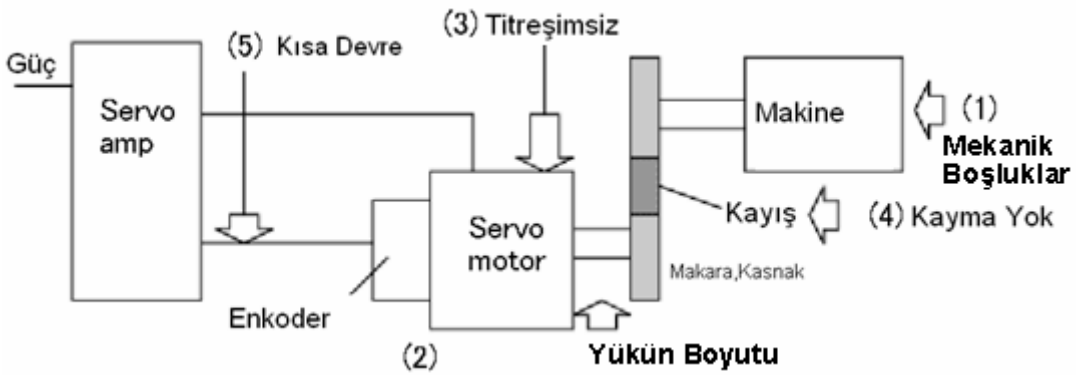
Konular	İnverter	Servo
Kontrol uygulamaları	Amaç, denetimi yavaşça yapıp kararlı bir durum elde etmektir.	Geçici durumların kontrolünün hızlı ve doğru olarak yapılmasıdır.
Kontrol fonksiyonu	Hız kontrolü	Konum kontrol, hız kontrol, tork kontrol
Motor	İndüksiyon motor	Servomotor
Motor sayısı	Bir inverter ile birkaç motor sürülebilir.	Bir servosürücü ile ancak bir motor sürülebilir. Nadiren birden fazla olabilir.
Maliyet	Düşük maliyet	Yüksek maliyet

(Performans olarak karşılaştırılması)

Konular	İnverter	Servo
Sistemin yanıtı	30 rad/s'dan daha az	200-1500 rad/s
Ani durdurma	$100\,\mu m$	$1\,\mu m$
Başlatma ve durdurma frekansı	20 defa/dak	20-600 defa/dak
Hız değişim oranı (yükün 0-100 % oranında değişmesi durumunda)	1-5%	0.03%
Sürekli olarak sürme (sürekli olarak 100% yüklü iken ki hız oranı)	1:10	1:5000
Maksimum tork (değerlendirilmiş tork oranı)	150%	300%
Güç	100W-300kW	10W-60kW

2.7.1. İnverterden Servoya Dönüşüm

Genelde servo inverterden daha üstün performans koşullarına sahiptir. Bu yüzden inverterden servo sisteme geçilmek istenildiğinde kullanımda çok büyük sorunlar oluşmaz. Ancak aşağıdaki konular ihmal edilmemelidir.



Şekil 2.20: Servo sistem yapısı

- **Mekanik boşluklar**

Servo ile inverter karşılaştırıldığında, servosürücü yaklaşık iki kat daha fazla torka sahiptir. Bu yüzden, eğer makinenin yapısı kırılgansa, başlatma ve durdurma zamanlarında titreşim oluşur. Bu durumda mekanizmaya ek olarak sağlamlaştırıcı parçalar koyulma ya da servonun kazancı, hassaslığı azaltılmalıdır.

- **Yükün boyutu**

Servo ile inverter karşılaştırıldığında yükün kalkış ataletine karşı servo daha hassas bir yapıya sahiptir. Yük kısmındaki dönme momenti, motor kısmındaki döndürme momentinden çok daha fazla olduğu durumlarda sistemin kontrolü kararsız hâle gelir.

Yük kısmındaki moment motor kısmındaki momentten 5-10 kez daha geniş olması durumunda kararsız bir durum ortaya çıkacaktır.

Seçim yaparken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta servonun kapasitesinin yüklü sistemin kapasitesi ile uyumlu olmasıdır.

- **Motor milindeki titreşim**

Eğer mekanik titreşim motora bağlı yükte oluşursa, motor milinde sorunlara yol açabilir. Özellikle motor miline takılı enkoder bu titreşimden etkilenir. Bu yüzden titreşim ölçütlerinin minimum düzeye çekilmesi gerekir.

- **Hız azaltma mekanizmasındaki sapma**

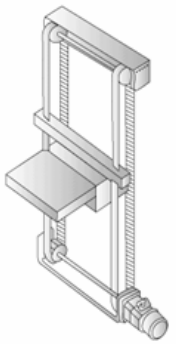
Hız azaltan mekanizmanın kullanımında; mekanizmanın çalışma süresinin ölçülmesi gerekir. Buna örnek olarak kayışlı sistemlerdeki sapmadan kaçınmak için kayışın dönme süresinin ölçülmesi verilebilir.

- **Kabloların uzunluğu**

İnverterde kablo uzunluğu en fazla 500m servoda ise sinyal kontrolü yapıldığı için bu uzunluk kısalacaktır. Yaklaşık 50 m'dir.

2.8. AC Servomotorun Uygulama Alanları

- **Taşıma alanı**



(Kaldıraç)

Hızın artması verimliliği arttırır. Bu da AC Servo Motorun niçin kullanıldığının bir göstergesidir.

Yüksek hassasiyetli pozisyon kontrolü yapılabilir. Bagajın düşme ihtimaline karşın elektronik frenleme sistemi vardır.

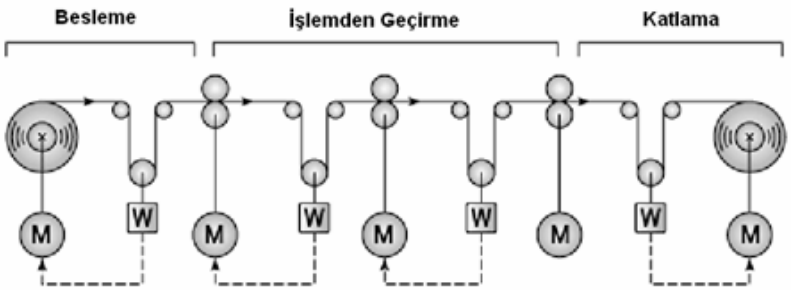
(**Otomatik Depolama Sistemi**)

AC Servo Motor otomatik depolama ve toplama sistemlerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Otomatik depolama sistemlerinde motorun uygun hızda çalıştırılması gerekmektedir.

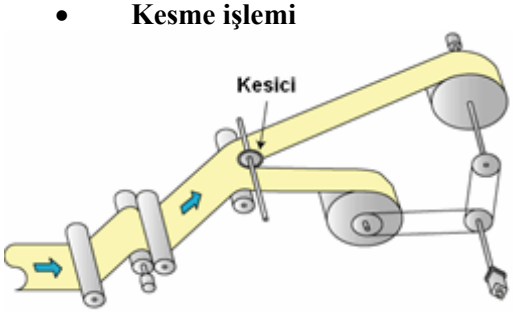
➢ **Uzun malzeme ile rulolu çalışma**

Kâğıt, film gibi uzun malzemelerin rulo şekline getirilmesi işidir. Genelde bu gibi sistemler üç aşamadan oluşur. Bunlar şemada gösterildiği gibi malzemeyi besleme kısmı, işlemden geçirme kısmı ve katlama kısmıdır. Kullanım ünitelerine göre; kesme, kat kat sıralama, yazma gibi birbirinden farklı işlem basamakları vardır. Ancak bu tür ünitelerin yapısı hemen hemen aynıdır.

- **Genel yapısı**

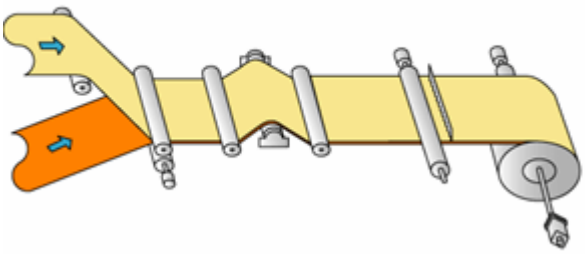


- **Kesme işlemi**



Yukarıdaki genel yapıda olduğu gibi işlemden geçirme sürecinden sonra kesici makina rulo şeklindeki kağıdı keser. Buradaki en önemli husus motorun çalışma hızının kağıdın gerilmesiyle orantılı olması

- **Katlama makinesi**

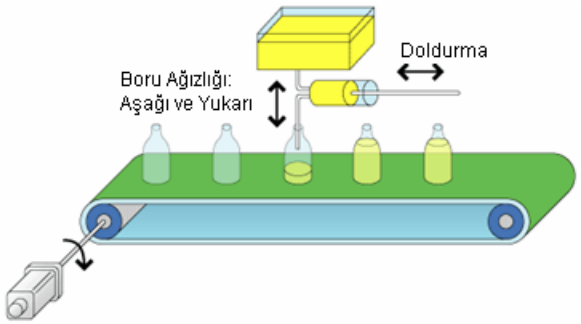


Katlama makinasının görevi filmleri üst üste istiflemektir. Motor hızının çalışma karakteristiğinin, malzemeye uygulanan baskı ile sistemdeki malzemenin gerilme durumuyla orantılı olması gerekmektedir. Bu durum yazma makinası ve katlama makinası için de geçerlidir.

➢ **Gıda üretim ünitesi**

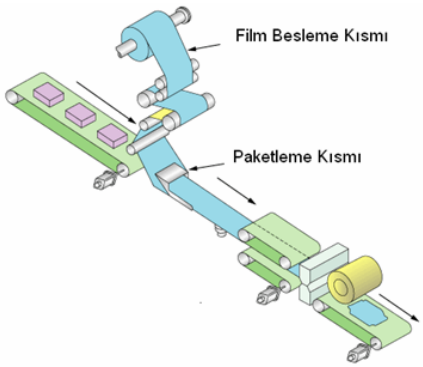
- **Doldurma makinesi**

Doldurma makinesi kullanılarak değişik şekillerdeki şişelere içecek ya da sıvı dolumu yapılabilir. Her şişenin doldurulması sırasında şişenin alacağı sıvı miktarı ve şişede birikecek köpüğün algılanması ve gerekli kontrolün yapılması gerekir.



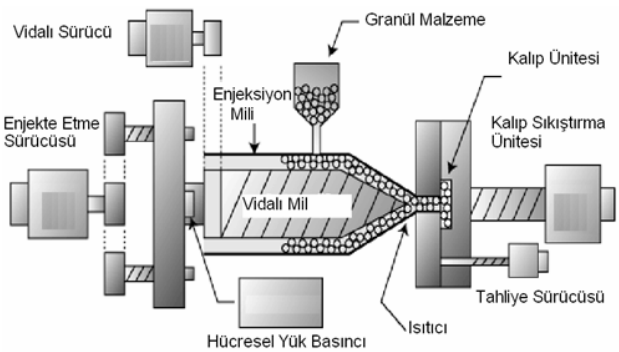
- **Paketleme makinesi**

Besinlerin sağlıklı saklanması için film şeritlerle düzgün olarak paketlenmesi gerekmektedir. Bu işlem içinde servo mekanizma kullanılmıştır. Paketleme iş rulolu paket bandından beslenen film ile sağlanır. Film ile paketleme yapılacak her bir ürün boyutlarına göre düzgün olarak kesilmelidir.



- **Enjeksiyon makinesi**

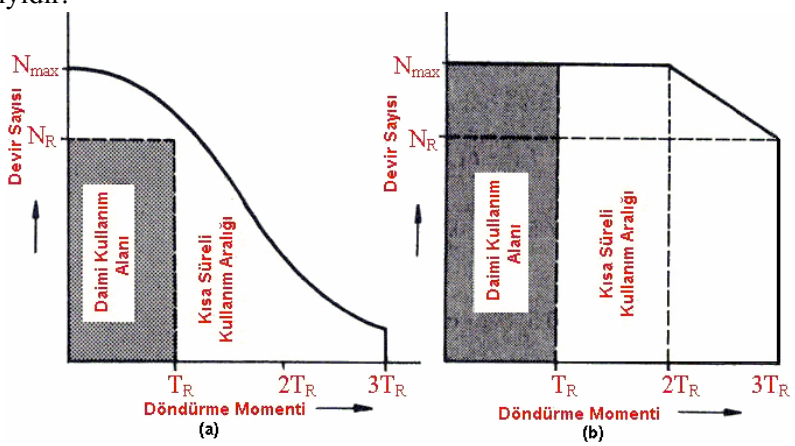
Enjeksiyon kalıp makinesi plastik parçaları üretmek için kullanılan bir makinedir. Plastik malzeme enjekte edilecek vidalı mil üzerinde ısıtılır. Ve içine kimyasal madde karıştırılır. Daha sonra kalıp içine enjekte edilir. Kalıbın mengenesi çok büyük bir güçle sıkıştırılır. Bu güç bazı makinelerde 500t üzerine dahi çıkabilir. Şimdiye kadar temel olarak hidrolik basınç kontrol sistemi kullanılıyordu. Günümüzde ise enerji tasarrufu için AC servo sistem kullanılmaktadır.



2.9. Hangisini Seçmeli: AC ya da DC Servomotor

Verilen görevi yerine getirme kabiliyeti bakımından AC ve DC servomotorlar aynıdır. Buna rağmen AC motor yapısına bağlı olarak kontrol sistemlerinin karışıklığı AC servomotorunun maliyetini arttırmaktadır. DC servomotorun da fırça ve komütatörü olduğundan bakıma ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden DC servomotor, bakımının kolay olduğu yerlerde tercih edilmelidir.

DC servomotorun aşırı yüklenmeye karşı tepkisi, AC servomotorun Şekil 2.21'de görüldüğü tepkisinden farklıdır. Büyük miktarlarda yükler DC servomotora yüksek hızlarda tatbik edildiği zaman fırçalardaki kıvılcımların sayısı artmaktadır. Bu yüzden DC servomotorun hız aralığı sınırlıdır. Yük arttıkça da devir düşmektedir. AC motorda ise durum daha iyidir.

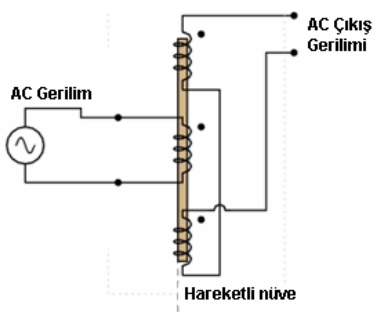


Şekil 2.21: (a) DC servomotorun, (b) AC servomotorun aşırı yük karakteristiği

Motorlara yerleştirilen sensörlerle motorun hız ve konum bilgisine ulaşılır. Bir önceki öğrenme faaliyetinde geri besleme ünitelerinden encoder ve takometre anlatıldı. Burada ise bazı AC servomotorlarda çok sık kullanılan resolver anlatılacaktır.

2.10. Resolver

Resolver kelime olarak "karar verici" anlamına gelmektedir. Encoderlar geri beslemede konum bilgisini sayısal olarak verirken resolverlar analog olarak verirler. Resolver, mil konumuna göre gerilim üreten döner bir transformatördür. Çalışmasını kısaca inceleyelim.

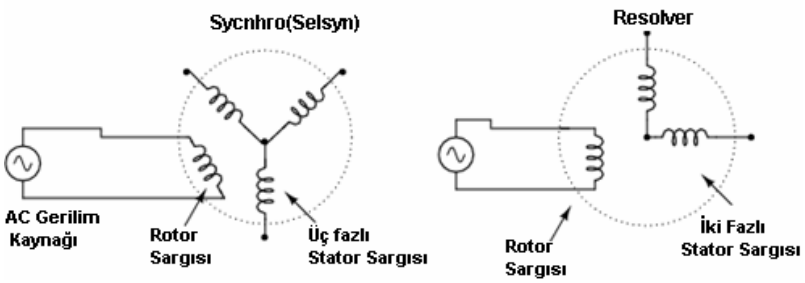


Şekil 2.22: LVDT'nin yapısı

Bir nüve etrafına AC gerilim ile beslenen bir sargı sarılsın. İkinci bir sargı yine nüvenin etrafına, birinci sargıya dokunmaksızın seri olarak sarılarak uçları serbest bırakılsın. Esasında bu bir transformatördür. AC ile beslenen bir primer sargısı ve seri bağlanmış iki sekonder sargı. Nüvenin sargılar içindeki konumuna göre sekonder sargıların çıkışlarında bir gerilim indüklenir. Sekonder sargıların sarılış biçiminden dolayı (180^0 faz farklı) iki uçta, sekonder sargılardaki gerilim farkları okunacaktır. Nüve tam merkezde olduğu zaman iki sargı da aynı gerilimi üreteceğinden fark sıfırdır. Nüvenin merkezden kayması ile fark, çıktı uçlarında okunur. Buna LVDT (Linear Variable Differential Transformer) adı verilir.

Eğer nüve doğrusal olarak ileri geri hareket yerine bir mil etrafına sarılarak dairesel hareket ettirilirse buna RVDT(Rotary Variable Differential Transformer) denir. Bu prensipten yola çıkılarak rotoru sargılı AC motora benzeyen Synchro ya da Selsyn denilen geri besleme aygıtı yapılmıştır.

Rotor, aynen motordaki gibi serbestçe, 360^0 dönebilmektedir. AC gerilim kaynağına bağlı tek bir sargı rotor üzerine, LVDT'nin primer sargısı gibi sarılmıştır. Stator sargıları ise üç fazlı olup Y (yıldız) bağlantılıdır. Stator iki faz olacak şekilde sarılırsa bu aygıta da resolver denilir. Milin açısal konumuna orantılı büyüklükte bir AC üretir.



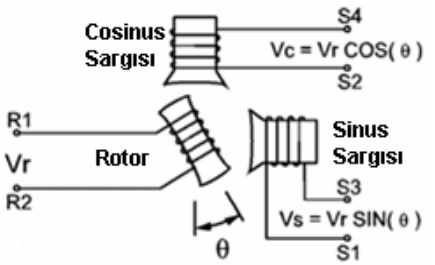
Şekil 2.23: Synchro ve resolver

Synchro, dönen bir transformatöre benzetilebilir. Bu transformatörde bir birincil sargı ve üç ikincil sargı vardır. Her bir ikincil sargı birbirinden farklı üç farklı açıda ($0,120^0, 240^0$) konumlanır. Rotor döndükçe stator sargılarıyla sırayla aynı hizaya gelerek sargılarda gerilim indüklenmesine sebep olur. Rotorla aynı hizada olan sargıda tam gerilim, diğer ikisinde nispeten daha az gerilim meydana gelir. Anten platformlarının açısal konumlarını bildirmek için kullanılır.

Şekil 2.24: Resolver

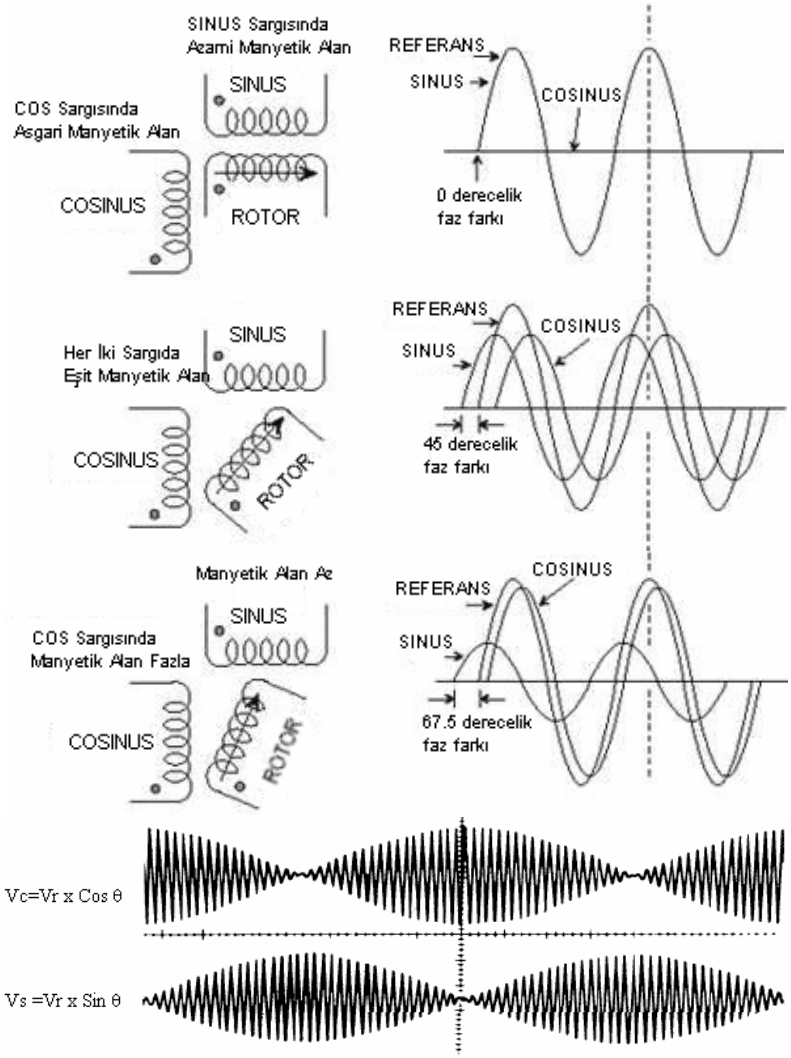
Resolverlar, günümüzde statorunda iki farklı sargı olacak şekilde imal edilmektedir. Resolverda rotora bağlı olan sargıya referans sargısı ve buna verilen AC gerilime referans gerilimi denir. İki ikincil sargının birisi COS (cosinus), diğeri SIN(sinus) sargısı adı verilir.

Rotor döndükçe SIN ve COS sargılarında, birbirine göre 90^0 faz farklı sinus ve cosinus dalgası üretilmektedir. Sargılarda meydana gelen gerilim referans gerilim değerleri ile rotor konum açısının sinus ve cosinus değerlerinin çarpımıdır. Burada rotor konumu sabit bir noktaya göre belirlenir. Peki, bu iki gerilim değerinden açısal konum nasıl belirlenir? Analog olarak okunan SIN ve COS değerleri oranlanarak. Sin θ / Cos θ = Tan θ. Burada θ, mil açısını göstermektedir.



Şekil 2.25: Resolverın çıkışları

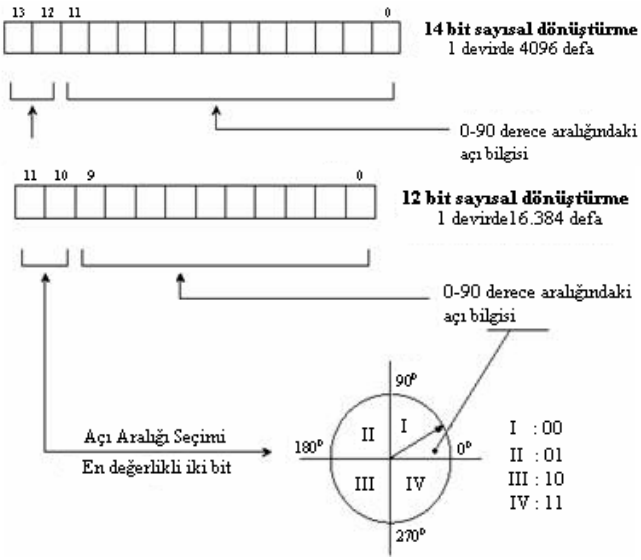
Bir resolvera uygulanan referans gerilimine karşılık gelen çıkış gerilimlerinin dalga şekilleri Şekil 2.26'ta görülmektedir.



Şekil 2.26: Çıkış gerilimleri

Resolverdan elde edilen bu analog çıkış gerilimleri motor milinin o andaki konum ve hız bilgisini verir. Referans gerilimi belli bir frekansla verildiğinden yukarıdaki Vr değeri Vr= Vs x Sin ω t şeklinde yazılabilir. Burada Vs, giriş geriliminin tepe değeri, ω, giriş gerilimi açısal hızıdır.

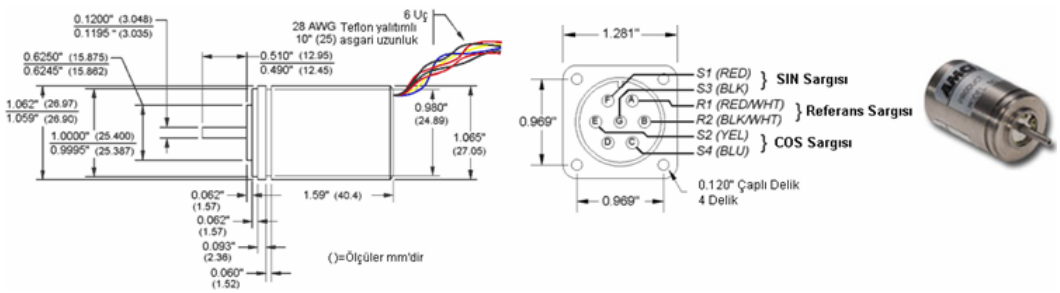
Resolverdan analog çıkış gerilimi sayısal değerine dönüştürüldükten sonra denetleyiciye gönderilir. Bu sayısal bilginin gönderiliş biçimi Şekil 2.27'te gösterilmektedir.



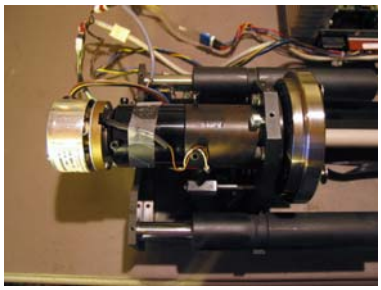
Şekil 2.27: Resolverın sayısal bilgisi

Bit Sayısı	Açı [Radyan]	Açı [Derece]
1	3.1415	180
2	1.5707	90
4	0.3927	22.5
6	0.0981	5.625
8	0.02454	1.4063
10	0.00614	0.3516
12	0.001534	0.08789
16	0.000096	0.00549

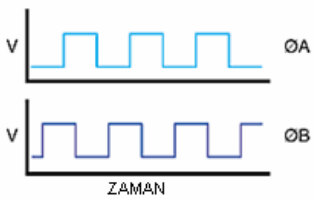
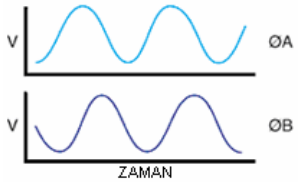
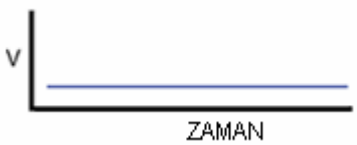
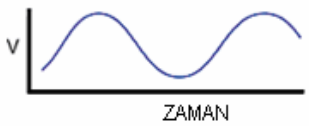
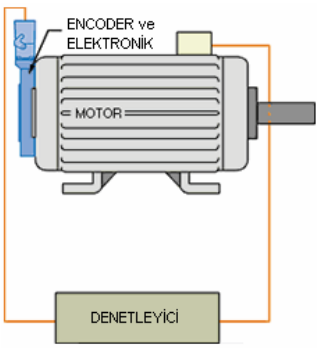
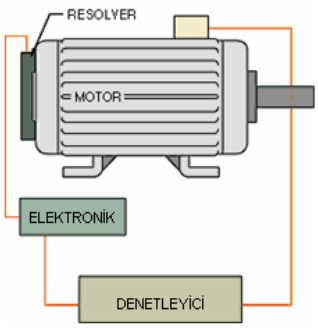
Tablo 2.3: Denetleyiciye ulaşan resolver bilgisi



Şekil 2.28: Resolverın kablo bağlantısı



Şekil 2.29: DC motor ve resolver

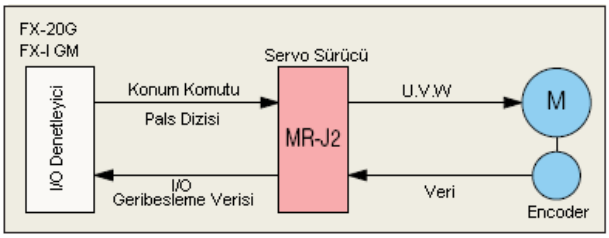
Çıkış sinyali	
ENCODER  Encoderlar doğrusal ya da döner hareketi temsil eden palsler üretir. Bu palsler sayılarak hız ve konum bilgisi elde edilir.	RESOLVER  Resolver dönme konumunu mutlak olarak temsil eden analog SIN/COS gerilim dalgaları üretir. Bu dalgalar resolver arabirim kartları ile sayısal sinyale çevrilirler.
Besleme	
ENCODER  Encoder, DC gerilim ile beslenirler.	RESOLVER  Resolver, AC gerilim ile beslenirler
Motordaki konumu	
 Encoderların tüm elektroniği üzerindedir. Bu denetleyici ile arasındaki kablo bağlantısını azaltır. Buna karşılık encoderlar, düşük ve yüksek sıcaklıklara dayanıksızdırlar. (-40°C-100°C)	 Resolver bilgilerini değerlendiren elektronik kısım genelde motor denetleyicisinin yanındadır. Bu da çevresel şartlara karşı dayanımını artırır.

Tablo 2.4: Resolver ve artımlı encoder arasındaki farklar

UYGULAMA FAALİYETİ

➢ **Mitsubishi HA-FF13 modeli servomotoroun test sürüşü**

- Motor ile sürücü arasındaki temsili bağlantı şemasını inceleyiniz.



Tablo: Servomotor özellikleri ve sürücü modelleri

Motor Series	Rated speed (maximum) (r/min)	Rated output capacity (kW)	Servo motor model	Servomotor type		Amp pairing MR-J2 *(Eş Sürücü)*					
				With Electro-magnetic brake (B)	With absolute encoder	10A 10B 10C	20A 20B 20C	40A 40B 40C	60A 60B 60C	70A 70B 70C	...
HA-FF series F	3000 (4000)	0.05	HA-FF053	○	○	○					
		0.1	HA-FF13	○	○	○					
		0.2	HA-FF23	○	○		○				
		0.3	HA-FF33	○	○			○			
		0.4	HA-FF43	○	○			○			
		0.6	HA-FF63	○	○				○		

- Servosürücü seçimi. Servosürücü üzerindeki kodların anlamlarını inceleyiniz.

MR-J2- 10 A 1

Mitsubishi servo-amp series name — Servo Sürücü Seri Adı

A: Standard
B: SSC-NET
C: With built-in positioning function
A:Standart
B:SSC-NET Bağlantılı
C: Yerleşik Konum Fonksiyonlu

Symbol	Power supply
None	3-phase AC 200V or single-phase AC 100V
1	Single-phase AC 100V
Yok	3 faz AC 200V yada tek fazlı AC 100V
1	Tek faz AC 100V

Compatible motor output capacity (kW) — Uyumlu Motor Kapasitesi (kW)

Symbol	HC-MF	HA-FF	HC-SF			HC-RF	HC-UF	
			1000 r/min	2000 r/min	3000 r/min		2000 r/min	3000 r/min
10	053, 13	053, 13	—	—	—	—	—	13
20	23	23	—	—	—	—	—	23
40	43	33, 43	—	—	—	—	—	43
60	—	63	—	52	53	—	—	—
70	73	—	—	—	—	—	72	73
100	—	—	81	102	103	—	—	—
200	—	—	121, 201	152, 202	153, 203	103, 153	152	—
350	—	—	301	352	353	203	202	—

MR-J2-10A 1 Servosürücü

- Servomotorun model belirlenmesi için motor üzerindeki etiketi bulunuz.

- Motor etiketinin anlamı, etikketeki değerlere göre aşaıdaki tablolardan motorunuzun özelliklerini belirleyiniz.

HC - MF □ □ □ □

Series
HC-MF
HA-FF
HC-SF
HC-RF

Anma Gücü

Code	Rated output [W]
05	50
1	100
2	200
3	300
4	400

Anma Gücü

Code	Rated output [W]
6	600
7	750
10	1000
15	1500
20	2000

Anma Hızı

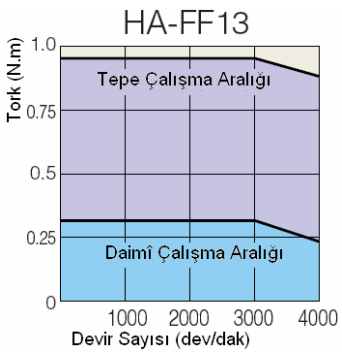
Code	Rated speed [rpm]
2	2000
3	3000

Elektromanyetik Fren

Code	Electromagnetic brake
—	—
B	●

Servomotor Model	Açıklama	HA-FF13
Servo-amp model	Servosürücü modeli	MR-J2-10A
Power facility capacity [kVA]	Güç kapasitesi	0.3
Rated output [W]	Çalışma gücü	100
Rated torque [Nm]	Çalışma torku	0.32
Maximum torque [Nm]	Azami tork	0.95
Rated rotation speed [rpm]	Çalışma hızı	3000
Maximum rotation speed [rpm]	Azami devir sayısı	4000
Permissible instantaneous rotation speed	Müsaade edilebilir anlık hız	4600
Power rate [kW/s]	Güç oranı	10.2
Rated current [A]	Çalışma akımı	1.1
Maximum current [A]	Tepe akımı	3.3
Moment of inertia (units with B) J [10^{-4} kgm^2]	Eylemsizlik momenti	0.113
Recommended load/ motor inertia ratio	Tavsiye edilen yük/ motor atalet oranı	10 times the servomotor's moment of inertia max. *(Servomotorun atalet momentinin azami 10 katı)*
Speed/ position detector	Hız/konum algılayıcı	Resolution per encoder/servomotor rotation: 8192 P/rev *Çözünürlük: 8192 pals/devir)*
Weight [kg]	Ağırlık	1.5

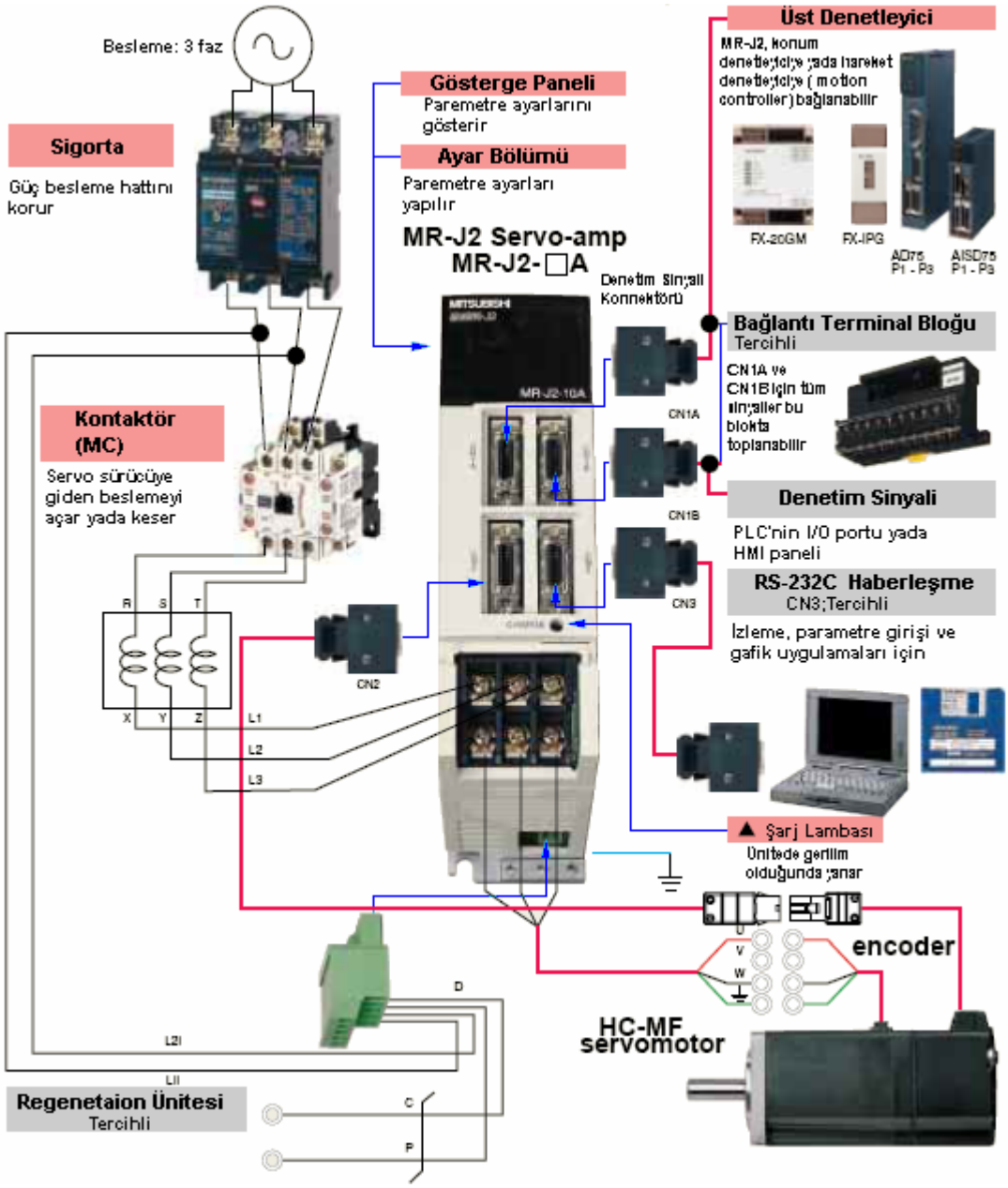
Servosürücünün özellikleri[1]



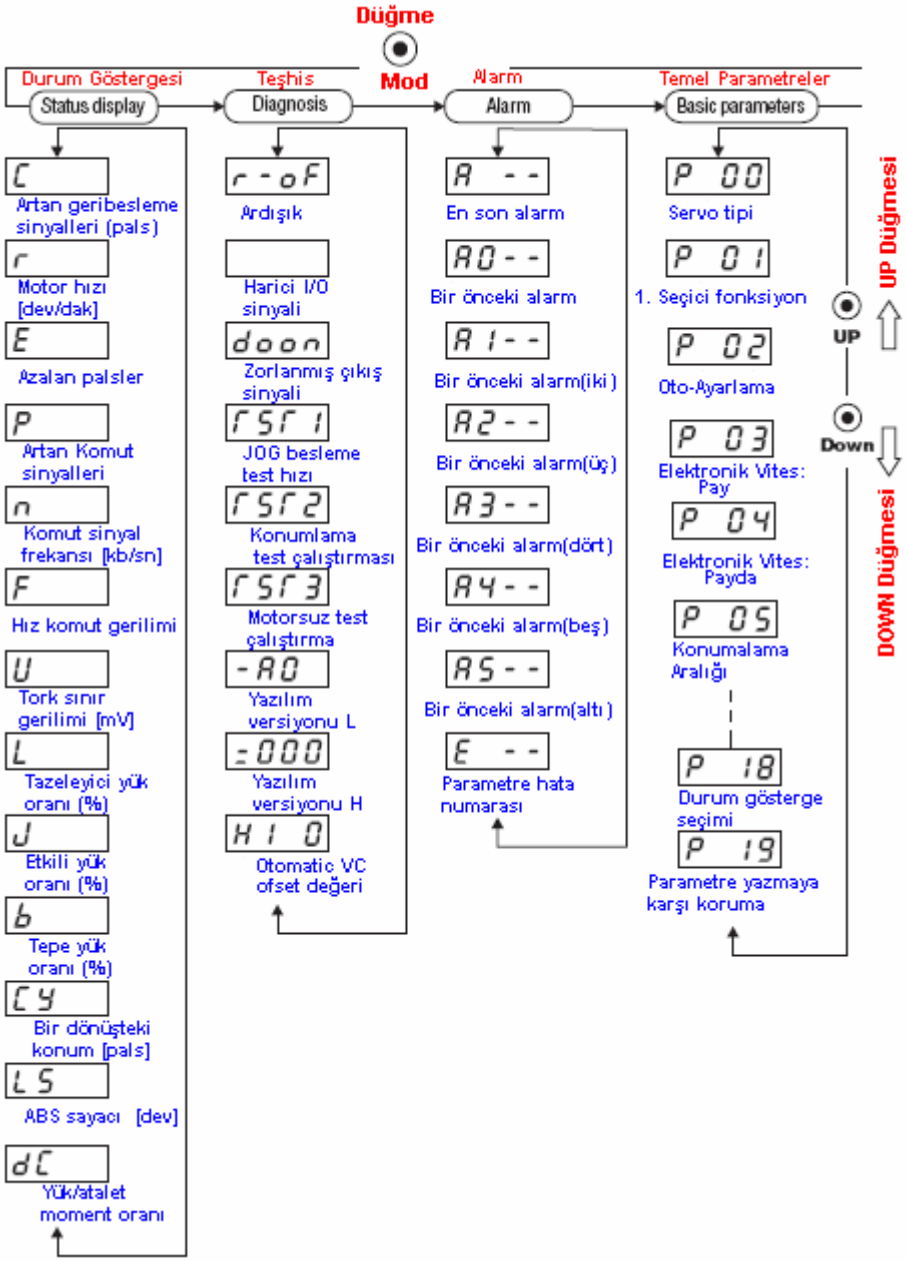
Servomotorun tork özellikleri

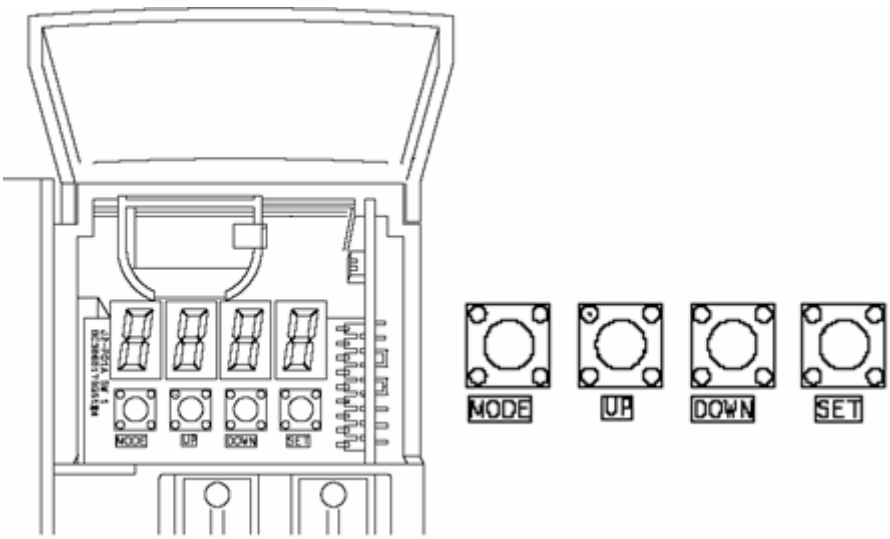
[1] Tablo 2.2 ye bakın

- Aşağıda gösterilen şekilde bağlantıların yapıldığını sistem üzerinden kontrol ediniz.



Motor ile sürücü arasındaki bağlantı


Düğme
Mod
Durum Göstergesi
Status display
Teşhis
Diagnosis
Alarm
Alarm
Temel Parametreler
Basic parameters
C
Artan geribesleme sinyalleri (pals)
r
Motor hızı [dev/dak]
E
Azalan palsler
P
Artan Komut sinyalleri
n
Komut sinyal frekansı [kb/sn]
F
Hız komut gerilimi
U
Tork sınır gerilimi [mV]
L
Tazeleyici yük oranı (%)
J
Etkili yük oranı (%)
b
Tepe yük oranı (%)
CY
Bir dönüşteki konum [pals]
LS
ABS sayacı [dev]
dC
Yük/atalet moment oranı
r-oF
Ardışık
Harici I/O sinyali
doon
Zorlanmış çıkış sinyali
rSr1
JOG besleme test hızı
rSr2
Konumlama test çalıştırması
rSr3
Motorsuz test çalıştırma
-A0
Yazılım versiyonu L
=000
Yazılım versiyonu H
H1 0
Otomatic VC ofset değeri
A --
En son alarm
A0--
Bir önceki alarm
A1--
Bir önceki alarm(iki)
A2--
Bir önceki alarm(üç)
A3--
Bir önceki alarm(dört)
A4--
Bir önceki alarm(beş)
A5--
Bir önceki alarm(altı)
E --
Parametre hata numarası
P 00
Servo tipi
P 01
1. Seçici fonksiyon
P 02
Oto-Ayarlama
P 03
Elektronik Vites: Pay
P 04
Elektronik Vites: Payda
P 05
Konumalama Aralığı
P 18
Durum gösterge seçimi
P 19
Parametre yazmaya karşı koruma
UP
Down
UP Düğmesi
DOWN Düğmesi



AC servomotoru çalıştırmak için birtakım ayarların yapılması gerekir (servosürücü için giriş dalga darbesinin şekli gibi.).

Aşağıdaki uygulamada donanımlar için gerekli minimum parametre ayarları yapılmıştır.

- Aşağıda gösterilen adımlardaki komutları sırası ile uygulayınız.

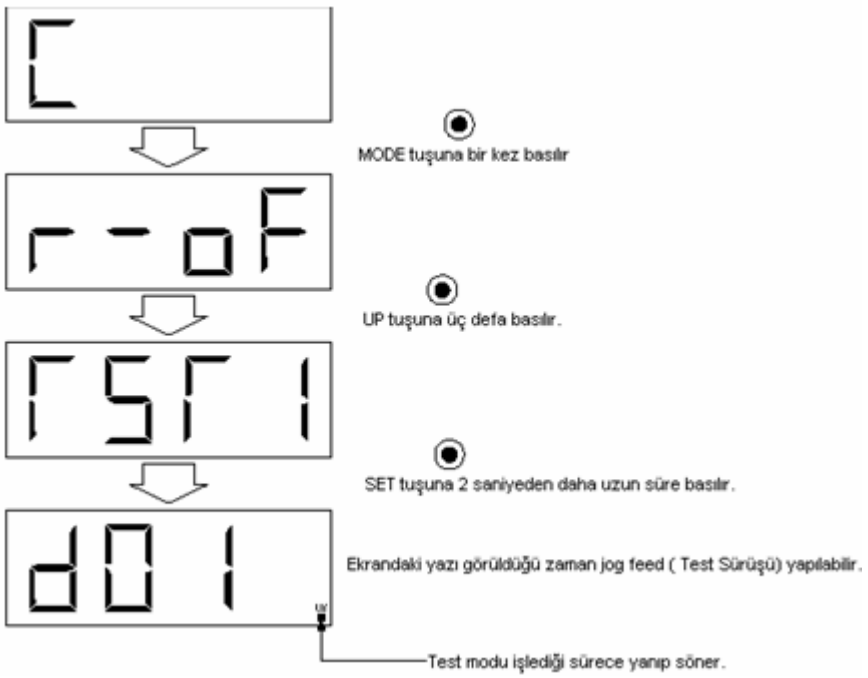
1. Parametre modu. MODE tuşu kullanılarak ekranda "P00" durumunu görünüz.
2. UP veya DOWN butonlarına basılarak parametre numarasını belirleyiniz.
3. SET tuşuna basılır ve parametre değerleri görüntüleyiniz.
4. SET tuşuna birden fazla basıldığı zaman, parametre ayarları üzerinde değişiklik yapınız. Bu durumda ekrandaki yazı yanıp-sönme durumuna geçer. Bu yanıp sönme durumu ayarlama moduna geçildiğini gösterir.
5. UP veya DOWN tuşlarına basılarak parametre değerlerinin içeriği değiştiriniz.
6. SET tuşuna basılarak parametre değerlerinin içeriği hafızaya alınız.
7. Bu ayarlardan sonra, UP veya DOWN tuşlarına basılarak diğer parametre değerleri üzerinde değişiklik yapınız.

Eğer UP veya DOWN tuşlarına uzun süre basılırsa, ayarlanmak istenen değerlerinin değişimi sürekli olacaktır.

Servosürücü kapatılıp açıldıktan sonra ayarlanan değerler etkin olur.

Test sürüşü

- Güç kaynağını açıldıktan sonra ekrandaki gözüken değerlerin ayarlanır. Aşağıdaki adımları sırası ile uygulayayınız. Ekrandaki görüntüleri kontrol ediniz.



Dönme Yönü	İşlem
Saatin Tersi (CCW)	UP
Saat Yönü (CW)	DOWN

Yukarıdaki işlemde servomotor 200[dev/dk.] da döner. Bu anda, sabit hıza ulaşma ve durma süreleri 1[s] ile sabitlenmiştir

Durdurmak için ilgili buton serbest bırakılmalıdır.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi motordan gelen hız bilgisini değerlendirerek motoru süren elemanları barındırır?

A) Servosürücü **B)** Servomotor
C) Mikroişlemci **D)** Mikrodenetleyici

2. Aşağıdakilerden hangisi AC motor çeşitlerinden **değildir?**

A) Gölge kutuplu motor **B** Rotoru sargılı motor
C) Indüksiyon motoru **D)** Adım motoru

3. AC servomotorlarda aşağıdaki sensörlerden hangisi **kullanılmaz?**

A) Mutlak encoder **B)** Hall sensörü
C) Artımlı encoder **D)** Resolver

4. Ağadakilerden hangisi normal çalışma sıcaklığında motora anlık olarak verilen azami akımın ürettiği torktur?

A) Anma torku **B)** Çalışma torku
C) Tepe torku **D)** Dödürme momenti

5. Döner bir transformatör olarak kabul edilebilecek motor aşağıdakilerden hangisidir?

A) Histerizis motoru **B)** Fırçasız DC motor
C) Senkron motor **D)** İndüksiyon motoru

6. Ağadakilerden hangisi AC motorların devir ayarı için kullanılan ünitedir?

A) Inverter **B)** Takometre
C) Encoder **D)** Servosürücü

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınız tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

AÇIKLAMA: Aşağıda listelenen ölçütleri uyguladıysanız **"Evet"** sütununa, uygulamadıysanız **"Hayır"** sütununa X işareti yazınız.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		Evet	Hayır
1.	Servomotor yeteneklerini artırmak için yapılması gereken değişiklikleri kavradınız mı?		
2.	Modern sistem servomotor tiplerini kavradınız mı?		
3.	Fırçasız DC motor yapısını kavradınız mı?		
4.	Alan etkili sensörün çalışmasını kavradınız mı?		
5.	FDC motor sürmeyi kavradınız mı?		
6.	Encoderlerin görevlerini ve tiplerini kavradınız mı?		
7.	Encoder bilgisayar bağlantısını kavrayabildiniz mi?		
8.	Dc servo motorun yapısını kavrayabildiniz mi ?		
9.	Ac servomotor nedir kavrayabildiniz mi?		
10.	Senkron motor kavramını anlayabildiniz mi?		
11.	İnverter ile hız kontrolünü kavradınız mı?		
12.	Motor torkunun ölçümünü kavrayabildiniz mi ?		
13.	AC servosürücülerinin çalışmasını anladınız mı?		
14.	Servomotor uygulama alanlarını kavradınız mı ?		
15.	Resolver nedir? Kavradınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ–1'İN CEVAP ANAHTARI

1.	**A**
2.	**D**
3.	**B**
4.	**B**
5.	**C**
6.	**A**

ÖĞRENME FAALİYETİ–2'NİN CEVAP ANAHTARI

1.	**A**
2.	**D**
3.	**B**
4.	**C**
5.	**D**
6.	**A**

KAYNAKÇA

- T. Kenjo, **"Permanent magnet and brushless dc motors",** Oxford, 1985
- T.J.E. Miller, **"Brushless permanent magnet and reluctance motor drive"**, Oxford, 1989
- McGraw Hill, **Introduction to Mechatronics and Measurement Systems**, Histand & Alciatore, 1999